

DAMIAN LUTY

CZASOPRZESTRZEŃ – CZĘŚĆ STRUKTURY CZY STRUKTURALNY ASPEKT? ONTOLOGIA CZASOPRZESTRZENI W KONTEKŚCIE UMIARKOWANEGO ONTYCZNEGO REALIZMU STRUKTURALNEGO

Streszczenie. Opisane i skrytykowane zostaje stanowisko umiarkowanego ontycznego realizmu strukturalnego, zaproponowane przez Michaela Esfelda i Vincenta Lama. Postawione są trzy tezy: pierwsza, że odnośne stanowisko uwikłane jest w traktowanie czasoprzestrzeni jako własności (aspektu) pola grawitacyjnego; druga – wykorzystanie przez to stanowisko metafizyki własności generuje niepożądane konsekwencje w postaci odrzucenia równoważności heurystyk służących do budowania reprezentacji grawitacji w ogólnej teorii względności; trzecia, że czasoprzestrzeń powinna być metafizycznie interpretowana jako element szerszej struktury grawitacyjnej.

Stanowisko Esfelda i Lama zostaje zrekonstruowane, odniesienie do zagadnienia heurystyk budowania reprezentacji grawitacji przedstawione jest jako perspektywa krytyczna, zrealizowana zostaje krytyka umiarkowanego ontycznego realizmu strukturalnego i przedstawione zostają z niej wnioski oraz dalsze postulaty dotyczące ontologii czasoprzestrzeni. Na pytanie postawione w tytule zostaje udzielona odpowiedź, że czasoprzestrzeń to część struktury.

Słowa kluczowe: czasoprzestrzeń, umiarkowany ontyczny realizm strukturalny, grawitacja, metafizyka własności, ogólna teoria względności

1. Wstęp.
2. Umiarkowany ontyczny realizm strukturalny Esfelda i Lama.
3. Równoważność heurystyk konstruowania reprezentacji grawitacji.
4. Czasoprzestrzeń jako część struktury.
5. Podsumowanie.

1. WSTĘP

Rozróżnienie na czasoprzestrzeń jako strukturalny aspekt i czasoprzestrzeń jako część struktury bierze się z próby oceny określonego ontologicznego i zarazem strukturalistycznego ujęcia czasoprzestrzeni. Kontekstem jest tu klasyczny i wielokrotnie przytaczany pogląd Einsteina na czasoprzestrzeń, ujmowaną z perspektywy ogólnej

teorii względności (OTW) – że jest to „strukturalny aspekt pola”. Zarazem jednak ten pogląd Einsteina uwikłany był w dylematy związane ze statusem innych obiektów teoretycznych w OTW, przez co sam Einstein ostatecznie nie redukował struktury czasoprzestrzennej do roli geometrycznego atrybutu pola.

Analizować będę stanowisko umiarkowanego ontycznego realizmu strukturalnego (*Moderate Ontic Structural Realism*, MOSR), będącego koncepcją metafizyczną, w której przedstawia się interpretację ogólnorelatywistycznej czasoprzestrzeni¹. Stawiam następujące tezy: i) MOSR dostarcza przykładu interpretacji metafizycznej, która ujmuje czasoprzestrzeń jako własność pola grawitacyjnego; ii) taka interpretacja metafizyczna narzucona na OTW generuje sytuację, w której należy uprzywilejować jedną spośród równoważnych heurystyk budowania reprezentacji grawitacji w OTW; iii) interpretacja czasoprzestrzeni w ramach strukturalistycznej metafizyki powinna ujmować czasoprzestrzeń jako część ogólniejszej struktury, zbudowanej z wszystkich elementów służących w OTW do reprezentacji grawitacji. Reprezentacja ta odnosi się do złożenia wszystkich elementów tej struktury (która zostanie szczegółowo opisana) w kontekście grawitacji. Ze względu na tę tezę, na pytanie postawione w tytule niniejszej pracy udzielam odpowiedzi, że czasoprzestrzeń jest częścią struktury.

W pierwszej części niniejszego tekstu skupię się na rekonstrukcji strukturalizmu czasoprzestrzennego zaproponowanego przez M. Esfelda i V. Lama, czyli właśnie MOSR. Pokażę, jak ustalany jest w tym stanowisku strukturalny sposób istnienia czasoprzestrzeni oraz jaką rolę odgrywa w tych ustaleniach metafizyka własności – wykorzystuje się ją do opisu ontologicznej zależności geometrii

¹ Tym samym sytuuję swoje rozważania na gruncie sporów dotyczących statusu ontologicznego czasoprzestrzeni (zob. J. Gołosz, *Spór o naturę czasu i przestrzeni. Wybrane zagadnienia filozofii czasu i przestrzeni Johna Earmana*, Kraków 2001) i zakładam tym samym, że próba ustalenia strukturalnego sposobu istnienia czasoprzestrzeni jest istotna ze względu na cel, jakim jest rozwiązanie problemu niewystarczalności klasycznych ujęć czasoprzestrzeni w ramach stanowisk substancjalistycznych i relacjonistycznych.

czasoprzestrzeni od pola grawitacyjnego. Przedstawię w jakim sensie wymienione stanowisko jest przykładem interpretacyjnego podejścia do czasoprzestrzeni rozumianej jako „strukturalnego aspektu pola”. Zmierzać będę tutaj do uzasadnienia tezy i).

W drugiej części opiszę, jak można odrzucić pogląd w strukturalistycznych interpretacjach, w którym ujmuje się czasoprzestrzeń jako własność pola. Zestawione zostaną polowe i geometryczne podejścia do grawitacji i w kontekście tego zestawienia wykorzystana zostanie wykładnia zaproponowana przez D. Lehmkuhla. W ten sposób zbuduję perspektywę, z której będę krytykować ujmowanie czasoprzestrzeni jako własności w ramach MOSR, oraz z której postulować będę traktowanie czasoprzestrzeni jako elementu struktury grawitacyjnej. Na podstawie rozstrzygnięć Lehmkuhla, ujętych jako narzędzie służące do krytyki, uzasadniać będę tezę ii).

W części trzeciej przedstawię krytykę strukturalizmu czasoprzestrzennego Esfelda i Lama. Analiza związku między polem a geometrią przeprowadzona przez Lehmkuhla pozwala wskazać, w jaki sposób na gruncie rozważań ontologicznych ważny staje się postulat, aby wszystkie heurystyki konstruowania reprezentacji grawitacji były równoważne. Uważam, że dzięki ustaleniom Lehmkuhla postulat ten można odnieść do metafizycznych² interpretacji czasoprzestrzeni i stwierdzić, że jeśli dana ontologia prowadzi do faworyzowania określonej heurystyki, to jest to ontologia wadliwa. Przez wadliwość rozumiem tutaj możliwość krytyki takiej ontologii z perspektywy odmiennej heurystyki, mimo że heurystyka ta, na mocy równoważności heurystyk, nie powinna do tego prowadzić. Uważam, że taką wadliwą ontologią jest właśnie czasoprzestrzenny strukturalizm Esfelda i Lama ze względu na takie użycie metafizyki własności (dyspozycyjnych i metrycznych), które prowadzi do preferowania jednej heurystyki. W ten sposób uzasadniam tezę ii). Następnie proponuję

2 Rezygnuję z subtelności związanych z odróżnianiem „metafizyki” od „ontologii” i używam tych słów zamiennie.

szkic, w którym prezentuję intuicje stojące za tezą iii): proponuję przeniesienie związku geometrii i pola w inny kontekst reprezentacyjny, inaczej określam, do czego on miałyby się odnosić, odrzucam stosowanie metafizyki własności w kontekście czasoprzestrzeni. Na końcu przedstawię podsumowanie moich rozważań.

2. UMIARKOWANY ONTYCZNY REALIZM STRUKTURALNY ESFELDA I LAMA

MOSR stanowi osłabioną wersję stanowiska zwanego ontycznym realizmem strukturalnym (*Ontic Structural Realism*³, OSR, zaproponowanym przez J. Ladymana i S. Frencha⁴). M. Esfeld i V. Lam⁵

3 Ontyczny realizm strukturalny (i różne jego wersje) jest przede wszystkim stanowiskiem ontologicznym, którego głównym zadaniem nie jest dostarczenie argumentu za realizmem rozumianym jako pozycja w teoriopoznawczym sporze realizm – antyrealizm. OSR bazował na jednym ze stanowisk z odnośnego sporu, epistemicznym realizmie strukturalnym (*Epistemic Structural Realism*, ESR, zob. J. Worall, *Structural realism: the best of both worlds?*, *Dialectica* 42(1989), 99–124), jednakże szybko zyskał autonomię ze względu na to, że jego zwolennicy wykorzystali centralną tezę do określonego, ontologicznego interpretowania teorii naukowych, ponadto inaczej modelując pojęcie struktury, a zagadnienie łączenia się aparatu formalnego teorii ze światem ujmując z perspektywy semantycznego podejścia do teorii naukowych, podczas gdy zwolennicy ESR korzystają z podejścia syntaktycznego (zob. R. Frigg, I. Votsis, *Everything you always wanted to know about structural realism but were afraid to ask*, *European Journal for Philosophy of Science* 1(2011), 227–276). OSR stanowi wyjście poza kontekst epistemologiczny – w ESR twierdzi się, że poznajemy wyłącznie struktury, o których mówią nasze najlepsze teorie naukowe, co wymaga analizy tych teorii celem wyodrębnienia treści strukturalnej, względem której mielibyśmy być realistami. W OSR natomiast twierdzi się po prostu, że to, co istnieje, istnieje na sposób strukturalny (jest strukturą, bądź superweniuje na strukturze). OSR stanowi zatem radykalizację ESR. Koniec końców, należy stwierdzić, że OSR (i jego pochodne, w tym MOSR) nie jest stanowiskiem w sporze o realizm; w OSR zakłada się słuszność realizmu i nie dostarcza się żadnego za realizmem argumentu.

4 J. Ladyman, *What is Structural Realism?*, *Studies in History and Philosophy of Science* 29(1998), 409–424; S. French, J. Ladyman, *Remodelling Structural Realism: Quantum Physics and the Metaphysics of Structure*, *Synthese* 136(2003), 31–56.

5 M. Esfeld, V. Lam, *Moderate structural realism about space-time*, *Synthese* 160(2008), 27–46; M. Esfeld, V. Lam, *The Structural Metaphysics of Quantum Theory and General*

przedstawili umiarkowaną wersję OSR, ponieważ uznali, że zarzuty stawiane głównej tezie OSR są zbyt poważne i podważają one zasadność tego stanowiska.

Główną tezę OSR można oddać bardzo prosto: na fundamentalnym poziomie świata fizycznego nie istnieją obiekty (indywidua), istnieją natomiast jedynie struktury rozumiane jako sieci relacji⁶. Struktury są ontologicznie pierwotne. Należy odnotować, że ta teza odnoszona jest zarówno do fizyki kwantowej (świata mikro), jak i do fizyki relatywistycznej (czasoprzestrzeni, świata makro); skupiam się oczywiście wyłącznie na drugim kontekście⁷. Na gruncie fizyki czasoprzestrzeni główna teza OSR zakotwiczona została we własności aparatu matematycznego OTW, zwanej ogólną kowariancją, która generuje transformacje zwane dyfeomorfizmami. Dyfeomorfizmy można rozumieć różnie – albo jako wymóg, że prawa fizyczne są takie same dla każdego układu współrzędnych (tj. prawa obowiązują w takiej samej formie niezależnie od układu), albo jako wymóg równoważności wszystkich układów współrzędnych, albo jako sposób określania niezmienniczych wielkości („autentycznych wielkości fizycznych”⁸) w fizyce czasoprzestrzeni. Ostatnie rozumienie dyfeomorfizmów (tzw. „aktywne”) jest szczególnie ważne filozoficznie. Aktywna dyfeomorficzna transformacja dowolnego

Relativity, Journal for General Philosophy of Science 43(2012), 243–258.

- 6 Krytycy podnoszą często zarzut, że w ontologiach strukturalistycznych nie ma dobrze zdefiniowanego pojęcia struktury i rzeczywiście zdaje się, że jak dotąd nie ma takiej precyzyjnej definicji właściwej stanowiskom *stricte* z zakresu ontologii strukturalnej. Stąd m.in. koncentracja na negatywnej tezie strukturalistów o nieistnieniu obiektów.
- 7 Co więcej, używa się również aparatu pojęciowego OSR do analizy i formułowania postulatów dotyczących charakteru także innych dyscyplin, jak np. biologii czy ekonomii. Zob. S. French, *Shifting to Structures in Physics and Biology: A Prophylactic for Promiscuous Realism*, *Studies in History and Philosophy of Science* 42(2011), 164–173; D. Ross, *Ontic structural realism and economics*, *Philosophy of Science* 75(2008), 732–743.
- 8 J. Earman, *Tracking down gauge: an ode to the constrained Hamiltonian formalism*, w: *Symmetries in Physics. Philosophical reflections*, red. K. Brading, E. Castellani, Cambridge 2003, 140–163.

modelu czasoprzestrzeni nie rozróżnia między rozłożeniem punktów z rozmaitości czasoprzestrzennej, o ile zadane jest określone pole metryczne. Punkty zatem nie są niezależne od pola metrycznego, tj. nie można mówić o tym, aby miały jakąś „pierwotną indywidualność”, która miałaby jakikolwiek sens fizyczny⁹. W dyskursie filozofii czasoprzestrzeni zwykło się zatem mówić, że punkty czasoprzestrzeni nie posiadają tzw. *haecceitas*¹⁰, własności wewnętrznej, która jest zasadą indywidualności i odróżnialności czegoś jako konkretnego obiektu. W kontekście OSR wniosek z aktywnych transformacji dyfeomorficznych o braku *haecceitas* punktów polega na tym, że stwierdza się, iż punkty czasoprzestrzenne (jako pewnego rodzaju obiekty¹¹) nie istnieją.

Wspomniane zarzuty wymierzone przeciwko tezie głównej OSR są następujące. Pierwszy zarzut to tzw. zarzut o relacje bez elementów relacji¹². Standardowa¹³ charakterystyka relacji wymaga, aby określone one były na *czyms*. Pozbycie się indywidualuów z ontologii a zarazem

9 Za dyfeomorfizmami również stoi dyskusja co do ich znaczenia dla roli konstytuowania tego, co fizyczne w OTW; nie jest to jednoznacznie jasne; niewątpliwie jednak obecność aktywnych dyfeomorfizmów wyróżnia OTW i pozwala na odrzucenie obiektów absolutnych w rodzaju sztywnej czasoprzestrzeni ze szczególnej teorii względności. Zob. J. Norton, *General covariance and the foundations of general relativity: eight decades of dispute*, Reports of Progress in Physics 56(1993), 791–858, O. Pooley, *Substantive General Covariance: Another Decade of Dispute*, w: *EPSA Philosophical Issues in the Sciences: Launch of the European Philosophy of Science Association*, red. M. Suarez et. al., Berlin 2010, 197–210.

10 Termin zapożyczony ze scholastycznych dyskusji o zasadach indywidualności, wywodzący się z myśli Dunska Szkota, por. P. Teller, *Substance, Relations, and Arguments about the Nature of Spacetime*, Philosophical Review 100(1991), 363–397.

11 Rzecz jasna, czasoprzestrzenne punkty są niczym innym jak zdarzeniami, ze względu na czterowymiarową parametryzację tychże punktów. Mówienie o nich jako o obiektach ma charakter metaforyczny – bierze się z realistycznego podejścia do istnienia czasoprzestrzeni, punkty natomiast są jej „składnikami”. W żaden sposób nie podchodzi się do punktów czasoprzestrzennych jak do obiektów z najbliższego świata ludzkiego.

12 A. Chakravartty, *The Structuralist Conception of Objects*, Philosophy of Science 70(2003), 867–878.

13 Tj. ugruntowana w teorii mnogości.

twierdzenie, że tylko relacje istnieją, prowadzi, zdaniem krytyków, do wysoce niepożądanych konsekwencji. Ontologia strukturalistyczna okazywałaby się formalnie nietrafna: odrzuca się w niej obiekty, bez których nie da się zdefiniować relacji, którym z kolei już rzeczywistość w OSR się przyznaje¹⁴.

Drugi argument przeciwko OSR to zarzut o niemożliwość konstrukcji strukturalnej koncepcji fizycznej przyczynowości. Sformułowany on został przez S. Psillosa¹⁵, który przedstawił argument bazujący na rozróżnieniu na struktury *in re* (relacje określone na obiektach) i struktury *ante re* (struktury matematyczne, abstrakcyjne). Psillos twierdził, pomijając wiele szczegółów, że strukturalista pragnąc zapewnić fizyczny charakter struktury o jaką mu chodzi, musi zagwarantować możliwość wbudowania w swoją koncepcję przyczynowości. Jednakże, jak uważa Psillos, jeżeli strukturalista będzie rozumiał strukturę jako strukturę *in re*, to będzie uznawał pierwotność obiektów (tym samym – struktura nie jest pierwotna ontologicznie), a jeżeli jako *ante re*, to nie będzie w stanie rozróżnić przyczyny od skutku w danym procesie przyczynowym, ponieważ struktura (*ante re*) musiałaby być identyczna wzdłuż odnośnego procesu. Co więcej, nie wiadomo, jak struktura matematyczna mogłaby w ogóle mieć jakąkolwiek przyczynową rolę w świecie fizycznym. W rezultacie – strukturalista, jak twierdzi Psillos nie jest w stanie wmontować ujęcia przyczynowości w czysto strukturalistyczną ontologię, a czysty strukturalizm jest niemożliwy.

Esfeld i Lam opracowali koncepcję strukturalnego sposobu istnienia czasoprzestrzeni poprzez wykorzystanie metafizyki własności (zewnętrznych) właśnie w celu odpowiedzi na wyżej wymienione zarzuty. Esfeld i Lam próbując odpowiedzieć na zarzut o relacje bez

14 A. Chakravartty, *A Metaphysics for Scientific Realism: Knowing the Unobservable*, Cambridge 2007.

15 S. Psillos, *The Structure, the Whole Structure, and Nothing but the Structure?*, *Philosophy of Science* 73(2006), 560–570.

elementów relacji wyrażają pogląd, że należy sformułować takie ujęcie punktów, które jednocześnie jest strukturalistyczne, oraz pozwalające punkty w pewien sposób wyodrębnić. Z tego względu w MOSR punkty czasoprzestrzenne traktowane są modalnie – bez relacji nie są obiektami, są „możliwościami” aktualizowanymi wtedy, gdy mamy dane w OTW pole metryczne (określające relacje). Faktualnie punkty tworzą jedność z metryką/relacjami, zdaniem Esfelda i Lama¹⁶. W ten sposób dostajemy tzw. koncepcję „cienkiego” czy „słabego” obiektu, czyli, w przypadku filozofii czasoprzestrzeni, koncepcję „cienkich” punktów czasoprzestrzennych. Jest ona kompatybilna ze strukturalistyczną ontologią oraz odporna na zarzut o relacje bez elementów relacji – tymi elementami są właśnie niewyindywiduowane, „cienkie”, punkty czasoprzestrzenne. Nie posiadają one *haecceitas* (i jakichkolwiek innych własności wewnętrznych), natomiast w odróżnieniu od Ladymana i Frencha Esfeld i Lam uznają, że czysto relacyjne (zewewnętrzne) własności dają się zachować. Utrzymując własności relacyjne dla punktów, Esfeld i Lam proponują następujące rozumienie związku między różnorodnością czasoprzestrzenną (zbiorem punktów, zinterpretowanych metafizycznie jako „cienkie obiekty”) a polem metrycznym. Twierdzą mianowicie, że standardowo używana teoriomodelowa reprezentacja tzw. typowych czasoprzestrzeni $\langle M, g \rangle$ (gdzie M oznacza różnorodność czasoprzestrzenną, g natomiast pole metryczne (tensor metryczny wyznaczający relacje, reprezentujący pole grawitacyjne), wymaga uznania, że M i g tworzą „konceptualną jedność”. Nigdy nie należy brać tych elementów osobno, jak robili np. niektórzy substancjaliści¹⁷, łącząc ontologię czasoprzestrzeni z M , czy jak niektórzy relacjoniści¹⁸ – łącząc ontologię czasoprzestrzeni

16 Zob. M. Esfeld, *The Modal Nature of Structures in Ontic Structural Realism*, *International Studies in the Philosophy of Science* 23(2009), 179–194.

17 Por. M. Friedman, *Foundations of Space-Time Theories*, Princeton 1983.

18 Zob. J. Earman, J.D. Norton, *What Price Spacetime Substantivalism*, *British Journal for the Philosophy of Science* 38(1987), 515–525.

wyłącznie z g^{19} . OSR prowadził do pozbycia się różnorodności jako ontologicznie ważnej. Zwolennik OSR, nie powielając gestu relacjonisty, czyli nie przyznając realności wyłącznie materialnemu polu, musiał polegać na nie do końca określonych relacjach; stąd próby wyklarowania, o jakie relacje chodzi, prowadziły do sformułowania zarzutu o relacje bez elementów relacji. Esfeld i Lam biorą różnorodność i pole jako całość, po czym interpretacyjnie wbudowują w nią koncepcję „cienkich” czy „słabych” punktów czasoprzestrzeni.

„Słabe” punkty czasoprzestrzenne, którym Esfeld i Lam przypisują ontologiczne znaczenie, pełnią zatem rolę w „strukturyzowaniu” pola, a przynajmniej – powinna istnieć procedura pozwalająca przyporządkować je strukturze kształtującej pole grawitacyjne. Zdaniem Esfelda i Lama taką procedurą miałyby być ta, która wykorzystywana jest w koncepcji Bergmanna i Komara²⁰ – metoda koordynacji czasoprzestrzeni występująca w tej koncepcji miała wyłonić określone punktowo wartości obserwabli, czyli „autentycznych wielkości fizycznych”, ale rozumianych już inaczej niż jako niezmienniki. Zakłada to odróżnialność punktów, nie jak w przypadku stosowania transformacji dyfeomorficznych. Esfeld i Lam podążają za tym, stwierdzając, że „cienkie” obiekty (punkty bez własności wewnętrznych) są odróżnialne, ale „słabo”²¹, tj. relacje, jakie między punktami zachodzą, są symetryczne, ale niezwrótne²². Dzięki takiej

19 Por. R. Rynasiewicz, *Absolute Versus Relational Space-Time: An Outmoded Debate?*, *The Journal of Philosophy* 93(1996), 279–306.

20 P.G. Bergmann, A.B. Komar, *Poisson brackets between locally defined observables in general relativity*, *Physical Review Letters* 8(1960), 432–433; P.G. Bergmann, *Observables in General Relativity*, *Reviews of Modern Physics* 33(1961), 510–514.

21 S. Saunders, *Indiscernibles, general covariance, and other symmetries: the case for non-reductive relationalism*, w: *Revisiting the Foundations of Relativistic Physics*, red. J. Renn, L. Divarci, P. Schroter, Dordrecht 2003, 151–174.

22 To rozumienie odróżnialności miało również służyć odparciu argumentu, że skoro na gruncie MOSR jednocześnie zachowuje się punkty i odrzuca się ich *haecceitas*, to nadal nie można ich rozróżnić, więc dostaje się model z jednym jedynym punktem, gdy tylko przywołać czasoprzestrzenie z wysokim stopniem symetrii, jak te z metryką Robertsona-Walkera,

„słabej odróżnialności” daje się zachować punkty bez pierwotnej indywiduacji i są one wychwytywalne poprzez metodę koordynacji Bergmanna i Komara z geometrii (struktury czasoprzestrzennej) strukturyzującej pole grawitacyjne.

Gdy zgodzimy się, jak Esfeld i Lam, że można wyodrębnić punkty, to będą one określone na polu grawitacyjnym, a wartości, które to pole może lokalnie przyjmować, będą dane na punktach czasoprzestrzennych. Przyjmuje się, że w klasycznej OTW pole grawitacyjne wykrywalne jest poprzez zakrzywienie jego geometrii, a to mierzalne jest wartością krzywizny Riemanna, pierwszej pochodnej z pola metrycznego. Krzywizna dotyczy geodezyjnej, czyli „ścieżki”, jaką pokonuje system fizyczny w zakrzywionej czasoprzestrzeni; podstawą dla geodezyjnych jest geometryczne zdefiniowanie samej krzywizny. Robi się to w OTW poprzez metodę transportu równoległego (tzw. koneksja afiniczna) przeprowadzana (ze względu na teorię układów różniczkowych) wzdłuż ciągu punktów. Oznacza to, że krzywizna (Riemanna) punktowo przyjmuje pewne wartości i mogą być one określone na punktach czasoprzestrzennych. W tym sensie punkty czasoprzestrzenne przyjmują wartość krzywizny, mierzącej zachowanie grawitacji (w obecności mas).

Na tej podstawie Esfeld i Lam przyjmują, że relacyjne, zewnętrzne własności punktów muszą być własnościami metrycznymi – bowiem tylko w kontekście pola metrycznego, które traktowane jest jako reprezentacja pola grawitacyjnego, punkty mogą mieć sens fizyczny. W ten sposób MOSR staje się uwikłany w pewną postać esencjalizmu

wykorzystywane na gruncie kosmologii relatywistycznej. Używa się w tym argumente założenia o absolutnej odróżnialności punktów, które musi zostać odrzucone, skoro istnieją modele czasoprzestrzeni jako czasoprzestrzenie Robertsona-Walkera. W ten sposób uzasadnione jest poleganie na słabej odróżnialności. Szczegóły argumentu zob. Ch. Wüthrich, *Challenging the Spacetime Structuralist*, *Philosophy of Science* 76(2009), 1039–1051.

metrycznego²³, gdzie własności metryczne są dla punktów czasoprzestrzennych, owszem, „esencjalne”, ale tylko w mocno niestandardowym sensie – nigdy nie mają być własnościami wewnętrznymi (wartości krzywizny ujmowane w punktach czasoprzestrzennych biorą się z określenia punktów przez relacje generowane przez pole grawitacyjne, reprezentowane przez pole metryczne). Wskutek tego, że punkty czasoprzestrzenne są tym, czym są wyłącznie dzięki własnościom metrycznym (zewnętrznym, zawsze zależnym od fizycznego pola grawitacyjnego z określoną na nim siecią relacji metrycznych), Esfeld i Lam proponują, aby te własności rozpatrzeć jako własności przyczynowe.

Jeśli „esencją” punktów są własności metryczne i punkty przyjmują wartości, jakie lokalnie pole grawitacyjne wyznaczone ma przez krzywiznę, to można uznać, że punkty czasoprzestrzenne są *dyspozycjami* do przyjęcia przez to pole takich a takich lokalnych wartości krzywizny. W ten sposób wbudowuje się przyczynowość w strukturalistyczną ontologię, tym samym odpowiadając na drugi z wymienionych wcześniej zarzutów wobec ontycznego strukturalizmu. Sama konkretna wartość jest oczywiście kontyngentna, zależy bowiem od rozkładu materii, tj. wartości składowych tensora energii-pędu, jednakże zawsze będzie ona współokreślona przez pole grawitacyjne. Lam i Esfeld przyjmują zatem w tym kontekście, że zasadnie jest mówić o dyspozycyjnej koncepcji przyczynowości w czasoprzestrzennym strukturalizmie.

Związłe podsumowując to, co przedstawiłem w kontekście MOSR: „cienkie” punkty czasoprzestrzenne są wbudowane w czasoprzestrzeń strukturyzującą pole grawitacyjne i mają za swoją esencję wyłącznie własności zewnętrzne (metryczne). Można je potraktować jako możliwość (dyspozycję) tych punktów do przyjmowania pewnych wartości pola grawitacyjnego (krzywizny Riemanna – pełni ona tu zatem

23 A. Bartels, *Modern essentialism and the problem of individuation of spacetime points*, *Erkenntnis* 45(1996), 25–43.

kluczową rolę!), co ma konkretny skutek w postaci takiej a nie innej geodezyjnej danego systemu fizycznego. W ten sposób własności metryczne mają konstytuować punkty czasoprzestrzenne, fundując zarazem ich związek z polem grawitacyjnym. Strukturalnie istniejąca czasoprzestrzeń składa się z „cienkich” punktów, które określone są przez własności metryczne (zinterpretowane dyspozycyjnie), przez co czasoprzestrzeń (jako złożona z takich punktów łącznie z relacjami) staje się własnością pola grawitacyjnego (właśnie w ten sposób tworząc jedność z nim, zgodnie z rozumieniem przez Esfelda i Lama jedności różnaitości czasoprzestrzennej i pola grawitacyjnego).

3. RÓWNOWAŻNOŚĆ HEURYSTYK KONSTRUOWANIA REPREZENTACJI GRAWITACJI

D. Lehmkuhl przeprowadził rekonstrukcję różnych sposobów budowania w OTW związku między geometrią struktury czasoprzestrzeni a polem grawitacyjnym²⁴. W pierwszej kolejności Lehmkuhl pracuje na obiektach teoretycznych z OTW, które w różny sposób używane są do reprezentacji pola grawitacyjnego. Wymienia konksję afiniczną, krzywiznę Riemanna oraz tensor metryczny (pole metryczne). Kontekstem dla ustalenia statusu tych obiektów teoretycznych jest następujące pytanie: czy grawitacja jest przejawem geometrii czasoprzestrzeni, czy też geometria czasoprzestrzeni jest jedynie przejawem istnienia pewnego materialnego pola – pola grawitacyjnego? W odróżnieniu od fizyki kwantowej rozstrzygnięcie tej kwestii interpretacyjnej nie rzutuje na wielość wzajemnie niekompatybilnych obrazów świata wraz z równie niekompatybilnymi koncepcjami tego, co właściwie jest mierzone. Pojawiły się jednak takie programy badawcze dotyczące OTW, które preferowały ujęcie grawitacji wyłącznie jako geometrii i krzywizny czasoprzestrzeni,

24 D. Lehmkuhl, *Is Spacetime a Gravitational Field?*, w: *The Ontology of Spacetime*, Volume II of *Philosophy and Foundations of Physics*, red. D. Dieks, Amsterdam 2006, 83–110.

vide geometrodynamika Wheelera²⁵. Wielu fizyków, by wspomnieć choćby R. Feynmana²⁶ i J. Ehlersa²⁷, nie zgadzało się natomiast z poglądem, że geometria czasoprzestrzeni może posiadać autonomię w świecie fizycznym.

W zależności od stanowiska można głosić jeden z dwóch redukcjonizmów: sprowadzenie pola grawitacyjnego do struktury geometrii czasoprzestrzennej albo sprowadzenie geometrii do struktury pola grawitacyjnego. Sam Einstein, jak wspominałem, z jednej strony twierdził, że czasoprzestrzeń w OTW stała się zaledwie strukturalnym aspektem pola²⁸, z drugiej jednak zdawał się, że względu na pierwszorzędną rolę koneksji afinicznej pozwalającej zdefiniować geodezyjne, uznawać konceptualną jedność geometrii (struktury czasoprzestrzennej) i pola²⁹ będącą czymś więcej niż związkiem pola grawitacyjnego i jego atrybutu³⁰.

Lehmkuhl wyjątkowo przedstawił warunek, pod którym zasadne byłoby preferowanie jednej interpretacji (polowej bądź grawitacyjnej) nad drugą. Stwierdził mianowicie, że jeśli wszystkie albo większość z wymienionych wcześniej, kluczowych dla relatywistycznie ujmowanej grawitacji obiektów teoretycznych (koneksja, krzywizna, tensor metryczny) posiadają jednoznacznie określone znaczenie tylko geometryczne bądź tylko grawitacyjne, to jedna z dwóch interpretacji jest trafniejsza. Przez „znaczenie geometryczne” Lehmkuhl rozumie taką rolę danego obiektu teoretycznego, która służy wyłącznie ustalaniu

25 Zob. Ch.W. Misner, K.S. Thorne, J.A. Wheeler, *Gravitation*, San Francisco 1973.

26 Zob. R.P. Feynmann, *Wykłady z grawitacji*, tłum. z ang. J. Kowalski-Glikman, Warszawa 2006.

27 Zob. J. Ehlers et al, *The geometry of free fall and light propagation*, w: *General Relativity*, red. L. O’Raifeartaigh, Nowy Jork 1972.

28 A. Einstein, *Relativity: The Special and the General Theory*, New York 1952.

29 D. Lehmkuhl, *Why Einstein did not believe that general relativity geometrizes gravity*, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 46(2014), 316–326.

30 A. Einstein, *The Foundation of The General Theory of Relativity*, tłum. z jęz. niem. W. Perret, G.B. Jeffery, w: *The Collected Papers of Albert Einstein Volume 6: The Berlin Years, Writings, 1914–1917*, red. A.J. Kox, M.J. Klein, R. Schulmann, Princeton 1997, 146–200.

standardu pomiarowego (dotyczące zegarów i prętów pomiarowych), a przez „znaczenie grawitacyjne” – postulowaną ontologię tłumaczącą wyjaśniane i przewidywane zjawiska typowo grawitacyjne i modelowane w danej teorii, np. zakrzywienie toru ruchu promieni świetlnych³¹. Lehmkuhl uzasadnia (choć może lepiej byłoby napisać, że „przypomina”), dlaczego każdy z obiektów teoretycznych posiada zarazem znaczenie geometryczne, jak i grawitacyjne i że przynajmniej w klasycznej OTW nie da się tych „znaczeń” rozdzielić. Zakładam trafność wniosku Lehmkuhla. W tym kontekście wyprowadza on stanowisko wychodzące poza opisane wcześniej redukcjonizmy, które nazywa pozycją „egalitarystyczną”. Egalitaryzm Lehmkuhla jest stopniowalny: są wersje słabe, umiarkowane i silne. Słaba wersja egalitaryzmu polega, zdaniem Lehmkuhla, na uznaniu, że pole i geometria są ze sobą połączone, ale daje się je badać oddzielnie. W wersji umiarkowanej pole i geometrię można rozłączyć „w pojęciu”, ale z perspektywy teorii i praktyki badawczej faktyczny podział jest nieuprawomocniony. Egalitaryzm mocny natomiast, jak twierdzi Lehmkuhl, wiąże się ze stwierdzeniem sztywnej nieseparowalności pola i geometrii. Sam Lehmkuhl skłania się ku wersji umiarkowanej.

W każdej wersji przyjmuje się konceptualną jedność pola grawitacyjnego i geometrii czasoprzestrzeni, rozumianą jako posiadanie przez wszystkie trzy wymienione elementy znaczenia grawitacyjnego i geometrycznego. Skoro da się wykazać taką jedność, a porażka programu geometrodynamiki może być przykładem na to, dlaczego przynajmniej jeden redukcjonizm jest chybiony³², to należy postulować równoważność polowej i geometrycznej interpretacji grawitacji, sprowadzając je do heurystyk konstruowania reprezentacji grawitacji.

Mamy zatem trzy podejścia do związku między polem grawitacyjnym a geometrią czasoprzestrzeni: dwa redukcjonistyczne i jedno

31 Pierwszy sukces przewidywający OTW, do którego doprowadziły obserwacje dokonane m.in. przez zespół Arthura Eddingtona w 1919 roku podczas zaćmienia Słońca.

32 A. Grünbaum, *Philosophical Problems of Space and Time*, Dordrecht 1973, 728–803.

„egalitarystyczne”. Każdemu z wymienionych stanowisk można przyporządkować określoną heurystykę modelowania fundamentalnego założenia ontologicznego OTW – istnienia grawitacji. Stanowisku pierwszego redukcjonizmu, sprowadzającemu grawitację do geometrii, odpowiada taka heurystyka, w której wychodzi się od konstrukcji zakrzywienia, jako warunkującego pojęcie geodezyjnych w OTW; ta konstrukcja bazuje na ustaleniu metody transportu przestrzeni stycznej (wspominany transport równoległy) w taki sposób, aby jej wektory „wracały” po przeprowadzeniu transportu do pierwotnego miejsca, ale z przeciwnym zwrotem, wtedy uzyskujemy określenie krzywizny na czterowymiarowej, różniczkowalnej różnorodności. Ze względu na stosowany aparat matematyczny, geometrię różniczkową, omawiany redukcjonizm musi polegać na uznaniu lokalności topologicznej, bez której transport przestrzeni stycznej – odbywający się „od punktu do punktu” – nie jest możliwy. Podejście geometryczne uwikłane jest od początku w lokalność związaną z punktami różniczkowej różnorodności czasoprzestrzennej³³.

Heurystyka związana z redukcjonizmem „geometrii do pola (grawitacyjnego)” traktuje pole grawitacyjne jako jedno z wielu pól materialnych, reprezentowane przez tensor metryczny. Zakrzywienie traktowane jest jako generowane przez to pole, i dające się trafnie modelować przy użyciu geometrii różniczkowej. Krzywiznę zatem traktuje się jako drugorzędną wobec pola metrycznego³⁴; konstruowanie geodezyjnej jest niejako „późniejsze”³⁵. Heurystyka związana z podejściem egalitarystycznym Lehmkuhla polega na swobodzie wyboru między dwoma poprzednimi heurystykami.

Jak zostało stwierdzone, da się pokazać, że trafniejsze jest uznać, że dwie interpretacje (polowa i grawitacyjna) nie stanowią

33 Zob. R.M. Wald, *General Relativity*, Chicago 1984.

34 Matematyczny sposób konstrukcji krzywizny oczywiście w tym przypadku się nie zmienia, natomiast przypisywany jest jej inny „ciężar”.

35 C. Rovelli, *Quantum Gravity*, Cambridge 2004.

rozłącznych ram dla konceptualnych podstaw OTW, w związku z czym sprowadzalne są wyłącznie do równoważnych heurystyk tworzenia reprezentacji. Uznaję równoważność heurystyk za wiążącą dla ontologicznych interpretacji czasoprzestrzeni³⁶, w tym dla interpretacji strukturalistycznej.

4. CZASOPRZESTRZEŃ JAKO CZĘŚĆ STRUKTURY

Będę teraz starał się pokazać, że MOSR prowadzi do wyboru określonej heurystyki, co, jak uważam, jest argumentem przeciwko uznawaniu czasoprzestrzeni jako własności oraz argumentem przeciwko MOSR.

Rozważania Lehmkuhla i jego wyłożenie związku między geometrią a polem grawitacyjnym w postaci stanowiska egalitarnego sugeruje, jak sądzę, że heurystyki nie powinny pociągać za sobą jednoznacznie ontologii i jednocześnie żadna ontologia (tutaj: interpretacja teorii fizycznej w kategoriach metafizycznych) nie powinna w OTW prowadzić do uprzywilejowania którejs heurystyki. Zarówno koneksja, krzywizna, jak i metryka posiadają znaczenia geometryczne i grawitacyjne. Esfeld i Lam, w ich wersji przyczynowości dla strukturalizmu czasoprzestrzennego, starali się zachować punkty w pewnej postaci – rezygnując z metafizyki indywidualów na rzecz metafizyki własności, w rezultacie odmawiając punktom własności wewnętrznych (aby uniknąć pierwotnej określoności punktów) i przyznając im własności zewnętrzne (relacyjne, będące zarazem własnościami dyspozycyjno-metrycznymi bez bazy kategoryjalnej) jako w zupełności wyczerpujących to, czym punkty są. W ten sposób

36 Istnieją także inne strukturalistyczne ontologie czasoprzestrzeni, które są niezależne od małej tradycji zapoczątkowanej wraz z powstaniem OSR, w których *explicite* traktują czasoprzestrzeń jako własność; również tam, jak uważam, można by wykorzystać krytykę zbudowaną w oparciu o równoważność heurystyk. Zob. M. Dorato, *Substantivalism, Relationism, and Structural Spacetime Realism*, *Foundations of Physics* 30(2000), 1605–1628.

daje się uniknąć zarzutu o „relacje bez elementów relacji” oraz zarzutu o brak koncepcji przyczynowości w ontycznym strukturalizmie.

Punkty „nałożone” na pole grawitacyjne (metryczne) są w MOSR niczym innym, jak możliwościami wartości, jakie krzywizna może lokalnie przyjąć, co czyni te punkty dyspozycjami do zachodzenia faktualnego toru ruchu systemu fizycznego. W ten sposób można ugruntować fizyczność „cienkich” punktów czasoprzestrzennych. W przypadku próby ugruntowania fizyczności takich punktów na gruncie heurystyki wychodzącej od pola grawitacyjnego nic nie stoi na przeszkodzie, aby punkty czasoprzestrzenne traktować czysto konwencjonalnie, jako wymienne etykiety układów współrzędnych, czyli dokładnie tak, jak się dzieje w przypadku pasywnych transformacji dyfeomorficznych (które są na gruncie OTW swobodnie przetłumaczalne na dyfeomorfizmy aktywne, o których była mowa wcześniej)! Jeśli Esfeld i Lam uznali, że potrzebują jakiegokolwiek odróżnialności punktów czasoprzestrzeni, to zarazem odrzucili możliwość zachowania neutralności swojego stanowiska wobec równoważności heurystyk. Próbując zachować („cienkie”) punkty czasoprzestrzeni ze względu na dwa zarzuty wobec strukturalnych ontologii trzeba uznać na podstawie metafizycznych pobudek, że heurystyka wychodząca od geometrii jest lepsza, ponieważ jest bardziej „naturalna” w kontekście lokalności związanej z punktowymi wartościami krzywizny, co jest kluczowe w MOSR. Nie wiadomo, czy zwolennik MOSR byłby w stanie odnieść się do nielokalnych efektów grawitacyjnych, o których mówi przykładowo wynik Torrego³⁷, bazujący na transformacjach dyfeomorficznych, a nie na metodzie Bergmanna-Komara³⁸. Nie wiadomo, jak mógłby potraktować

37 C. Torre, *Gravitational Observables and Local Symmetries*, Physical Review Letters 48(1993), 2373–2376.

38 Co więcej, blokuje używanie tej metody np. w kontekście modeli czasoprzestrzeni, wprowadzanych w oparciu o tzw. próżniowe rozwiązania równań pola Einsteina, przecież współrzędne Komara-Bergmanna wyróżniające punkty są z definicji osadzone w lokalności,

globalne efekty związane z energią grawitacyjną³⁹, uniemożliwiającą precyzyjne sformułowanie lokalnych praw zachowania energii dla układów fizycznych⁴⁰. Są to zagadnienia, które ważne są nie tylko w kontekście lokalności ale również – przyczynowości. W kontekście takiego stanowiska, które uwzględniałoby równoważność heurystyk, tego typu problemy się nie pojawiają, ponieważ można dopasować heurystykę do danego problemu czy kontekstu badawczego. Można stwierdzić zatem, że wykorzystywana przez Esfelda i Lama jedność różnorodności czasoprzestrzennej i pola grawitacyjnego w kontekście typowym reprezentacji czasoprzestrzeni jest chybiona – ze względu na (nawet słabe!) wyróżnianie punktów czasoprzestrzennych z potrzeb metafizycznych.

Okazywałyby się, że typowy model czasoprzestrzeni nie sprzyja interpretacji zaproponowanej w ramach MOSR. W zasadzie nie powinno to dziwić – jest to pewien schemat, który nie pozwala na jednoznaczne uchwycenie geometrii czasoprzestrzeni związanej z polem. Sama różnorodność pozwala jedynie zdefiniować pewne topologiczne cechy matematycznie modelowanej czasoprzestrzeni. W rezultacie interpretacja Esfelda i Lama, ustalająca status czasoprzestrzeni jako własności pola grawitacyjnego (przez własności metryczne punktów),

a wynik Torrego głosi niemożliwość konstrukcji lokalnych funkcjonałów (dla pewnego typu rozwiązań równań Einsteina)!

39 E. Curiel, *The Constraints General Relativity Places on Physicalist Accounts of Causality*, *Theoria* 15(2000), 33–58; C. Hofer, *Energy Conservation in GTR*, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 31(2000), 187–199.

40 Można jednakże opracować ujęcie przyczynowości z perspektywy metafizyki własności, które nie będzie tak problematyczne – przykładem może być propozycja Bartelsa, który własności metryczne i związane z nimi dyspozycje nie ujmuje mocno realistycznie (akcentując, że porzuca wszelką metafizyczną konieczność), tylko z perspektywy kontrfaktycznych okresów warunkowych. Nie idzie to jednak w sukurs zwolennikom MOSR, którzy dyspozycje zdają się chcieć traktować jako *działające* w świecie fizycznym. Esfeld i Lam nigdzie jednak nie wypowiadają się o metafizycznej konieczności; mogłoby się okazać, że propozycja Bartelsa jest kompatybilna z ich stanowiskiem – być może dałoby się zgodzić z tą propozycją zinterpretować modalność występującą w MOSR. Por. A. Bartels, *Why metrical properties are not powers*, *Synthese* 190(2013), 2001–2013.

uwikłana jest w lokalność topologiczną⁴¹ i w przydawanie jej ontologicznego znaczenia. To właśnie prowadzi do łamania równoważności heurystyk w konstruowania reprezentacji grawitacji w OTW.

Sytuacja zmienia się wówczas, jeśli jedność, o której mówią Esfeld i Lam, wbudować po prostu w rekonstrukcję zaproponowaną przez Lehmkuhla. Jeśli tę rekonstrukcję oddać jako trójkę $\langle K, R, g \rangle$ (gdzie K oznacza koneksję afiniczną, R krzywiznę Riemanna a g pole metryczne; wszystkie te trzy elementy są splecione w OTW i tworzą całość), to propozycja Esfelda i Lama rozkłada się w ten sposób, że rozdzielamy krzywiznę od lokalności związanej z punktami, te natomiast zawierając niejako w g (tj. g zawsze można przedstawić w reprezentacji razem z rozmaitością różniczkową M , ale jest ona wyłącznie elementem sposobu definiowania własności topologicznych g i niczym więcej – ma charakter czysto formalny).

5. PODSUMOWANIE

W związku z powyższymi ustaleniami (i w kontekście postawionej przeze mnie tezy iii)) uważam, że interpretacja czasoprzestrzeni w ramach metafizyki/ontologii strukturalistycznej nie powinna wikłać się w traktowanie czasoprzestrzeni jako własności (w jakiegokolwiek postaci), ani nie powinna wykorzystywać wyłącznie reprezentacji typowych modeli czasoprzestrzeni. Wydaje mi się, że trafniejszym ugruntowaniem strukturalizmu czasoprzestrzennego byłyby argumenty tożsamościowe⁴², bazujące raczej na czymś w rodzaju

41 Ugruntowaną chociażby w takiej, czysto topologicznej, własności przydawanej modelom czasoprzestrzeni jak własność hausdorffowości, która zakazuje, aby krzywe czasopodobne przechodziły przez dany punkt więcej niż raz. W ten sposób punkt ten jest dobrze określony i „niepatologiczny”, ponieważ nie może prowadzić do zamkniętych krzywych czasopodobnych generujących paradoksy czasowe, które występują chociażby w modelu czasoprzestrzeni przedstawionym przez K. Gödla.

42 Zob. przykładowo G. Nerlich, *Why Spacetime Is Not a Hidden Cause: A Realist Story*, w: *Space, Time, and Spacetime*, red. V. Petkov, Berlin 2010, 181–192.

propozycji Lehmkuhla; argument z tożsamości pola metrycznego i rozmaitości czasoprzestrzennej w MOSR był, moim zdaniem, wadliwy, ponieważ uwikłany był w przypisywanie pierwszorzędnej roli teoriomodelowym reprezentacjom typowych modeli czasoprzestrzeni, co dawało możliwość wykorzystania punktów; to zaprowadziło w metafizykę własności, a koniec końców – ku niepotrzebnemu z perspektywy OTW osłabianiu roli transformacji dyfeomorficznych. W takim razie czasoprzestrzeń byłaby elementem większej struktury reprezentacyjnej a ta struktura odnosiłaby się do grawitacji w jej wieloaspektowości.

Rekapitulując: cel, jak sobie postawiłem, to ocena stanowiska umiarkowanego ontycznego realizmu strukturalnego, zaproponowanego przez Michaela Esfelda i Vincenta Lama. Wskazałem, że stanowisko to jest przykładem odnoszenia się do czasoprzestrzeni jako do aspektu (własności) pola grawitacyjnego – to związane było z postawioną przeze mnie tezą i). Taki wniosek wziął się z rekonstrukcji MOSR, gdzie pokazałem, jak do tegoż wniosku prowadzi uwikłanie tego stanowiska w metafizykę własności (co, zdaniem jego autorów, było ważne w kontekście odpowiedzi na zarzuty stawiane OSR). W drugiej części przytoczyłem zagadnienie równoważności heurystyk konstruowania reprezentacji grawitacji – preferowanie jednej z dwóch heurystyk uznane zostało przeze mnie za zakładanie adekwatności wyłącznie geometrycznego bądź wyłącznie polowego charakteru założeń ontologicznych samej ogólnej teorii względności. Na podstawie rozstrzygnięć Dennisa Lehmkuhla opisałem nieadekwatność takiego sztywnego podziału. Na tej podstawie krytykowałem MOSR. W MOSR interpretuje się punkty czasoprzestrzeni jako „słabe obiekty”, na których określone są własności metryczne, dalej traktowane jako własności przyczynowe (w kontekście dyspozycyjnej koncepcji przyczynowości). Wykazywałem w związku z tym, że MOSR uwikłany jest w ontologizowanie lokalności topologicznej związanej z pierwszorzędną rolą punktów czasoprzestrzennych jako określeń wartości pola grawitacyjnego. W ten sposób okazało się, że

z perspektywy MOSR należałoby preferować określoną heurystykę konstrukcji reprezentacji grawitacji, tym samym załamując neutralność wyboru między wymienionymi heurystykami i obciążając ontologicznie jedną z nich. To stanowiło uzasadnienie tezy ii). Dalej uzasadniałem tezę iii) tropiąc powody trudności MOSR w uwikłaniu w chybione, jak uważam, rozumienie jedności między polem a geometrią. Zaproponowałem więc odmienne podejście, w którym kluczowa jest (w określony sposób zinterpretowana) jedność między krzywizną czasoprzestrzeni, polem metrycznym i koneksją afiniczną. Z tej perspektywy daje się zachować neutralność wobec wyboru heurystyk, można odrzucić fundamentalność metafizyki własności, a czasoprzestrzeń można traktować jako element całościowej struktury grawitacyjnej. W ten sposób przeszedłem od interpretacji czasoprzestrzeni jako własności do interpretacji czasoprzestrzeni jako części struktury. Postulowany przeze mnie strukturalny sposób istnienia czasoprzestrzeni polegałby zatem na byciu elementem całościowej struktury grawitacyjnej.

BIBLIOGRAFIA

- Bartels A., *Modern essentialism and the problem of individuation of spacetime points*, Erkenntnis 45(1996), 25–43.
- Bartels A., *Why metrical properties are not powers*, Synthese 190(2013), 2001–2013.
- Bergmann P.G., *Observables in General Relativity*, Reviews of Modern Physics 33(1961), 510–514.
- Bergmann P.G., Komar A.B., *Poisson brackets between locally defined observables in general relativity*, Physical Review Letters 8(1960), 432–433.
- Cantor G., *Contributions to the Founding of the Theory of Transfinite Numbers*, Dover Publications, Dover 1955.
- Chakravartty A., *A Metaphysics for Scientific Realism: Knowing the Unobservable*, Cambridge University Press, Cambridge 2007.
- Chakravartty A., *The Structuralist Conception of Objects*, Philosophy of Science 70(2003), 867–878.
- Curiel E., *The Constraints General Relativity Places on Physicalist Accounts of Causality*, Theoria 15(2000), 33–58.

- Dorato M., *Substantivalism, Relationism, and Structural Spacetime Realism*, *Foundations of Physics* 30(2000), 1605–1628.
- Earman J., *Tracking down gauge: an ode to the constrained Hamiltonian formalism*, w: *Symmetries in Physics. Philosophical reflections*, red. K. Brading, E. Castellani, Cambridge University Press, Cambridge 2003, 140–163.
- Earman J., Norton J.D., *What Price Spacetime Substantivalism*, *British Journal for the Philosophy of Science* 38(1987), 515–525.
- Ehlers J. et al, *The geometry of free fall and light propagation*, w: *General Relativity*, red. L. O’Raifeartaigh, Clarendon Press, Nowy Jork 1972.
- Einstein A., *Relativity: The Special and the General Theory*, Crown, New York 1952.
- Einstein A., *The Foundation of The General Theory of Relativity*, tłum. z jęz. niem. W. Perret, G.B. Jeffery, w: *The Collected Papers of Albert Einstein Volume 6: The Berlin Years, Writings, 1914–1917*, red. A.J. Kox, M.J. Klein, R. Schulmann, Princeton University Press, Princeton 1997, 146–200.
- Esfeld M., *The Modal Nature of Structures in Ontic Structural Realism*, *International Studies in the Philosophy of Science* 23(2009), 179–194.
- Esfeld M., Lam V., *Moderate structural realism about space-time*, *Synthese* 160(2008), 27–46.
- Esfeld M., Lam V., *The Structural Metaphysics of Quantum Theory and General Relativity*, *Journal for General Philosophy of Science* 43(2012), 243–258.
- Feynmann R.P., *Wykłady z grawitacji*, tłum. z ang. J. Kowalski-Glikman, Prószyński i S-ka, Warszawa 2006.
- French S., Ladyman J., *Remodelling Structural Realism: Quantum Physics and the Metaphysics of Structure*, *Synthese* 136(2003), 31–56.
- French S., *Shifting to Structures in Physics and Biology: A Prophylactic for Promiscuous Realism*, *Studies in History and Philosophy of Science* 42(2011), 164–173.
- Friedman M., *Foundations of Space-Time Theories*, Princeton University Press, Princeton 1983.
- Frigg R., Votsis I., *Everything you always wanted to know about structural realism but were afraid to ask*, *European Journal for Philosophy of Science* 1(2011), 227–276.
- Gołosz J., *Spór o naturę czasu i przestrzeni. Wybrane zagadnienia filozofii czasu i przestrzeni Johna Earmana*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2001.
- Grünbaum A., *Philosophical Problems of Space and Time*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht 1973.
- Hofer C., *Energy Conservation in GTR*, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 31(2000), 187–199.

- Ladyman J., *What is Structural Realism?*, Studies in History and Philosophy of Science 29(1998), 409–424.
- Lehmkuhl D., *Is Spacetime a Gravitational Field?*, w: *The Ontology of Spacetime*, Volume 2 of *Philosophy and Foundations of Physics*, red. D. Dieks, Elsevier, Amsterdam 2008, 83–110.
- Lehmkuhl D., *Why Einstein did not believe that general relativity geometrizes gravity*, Studies in History and Philosophy of Modern Physics 46(2014), 316–326.
- Misner Ch.W., Thorne K.S., Wheeler J.A., *Gravitation*, W.H. Freeman and Company, San Francisco 1973.
- Nerlich G., *Why Spacetime Is Not a Hidden Cause: A Realist Story*, w: *Space, Time, and Spacetime*, red. V. Petkov, Springer-Verlag, Berlin 2010, 181–192.
- Norton J., *General covariance and the foundations of general relativity: eight decades of dispute*, Reports of Progress in Physics 56(1993), 791–858.
- Pooley O., *Substantive General Covariance: Another Decade of Dispute*, w: *EPSA Philosophical Issues in the Sciences: Launch of the European Philosophy of Science Association*, red. M. Suarez et. al., Springer, Berlin 2010, 197–210.
- Psillos S., *The Structure, the Whole Structure, and Nothing but the Structure?*, Philosophy of Science 73(2006), 560–570.
- Ross D., *Ontic structural realism and economics*, Philosophy of Science 75(2008), 732–743.
- Rovelli C., *Quantum Gravity*, Cambridge University Press, Cambridge 2004.
- Rynasiewicz R., *Absolute Versus Relational Space-Time: An Outmoded Debate?*, The Journal of Philosophy 93(1996), 279–306.
- Saunders S., *Indiscernibles, general covariance, and other symmetries: the case for non-reductive relationalism*, w: *Revisiting the Foundations of Relativistic Physics*, red. J. Renn, L. Divarci, P. Schroter, Springer Science & Business Media, Dordrecht 2003, 151–174.
- Teller P., *Substance, relations, and arguments about the nature of space-time*, Philosophical Review 100(1991), 363–397.
- Torre C., *Gravitational Observables and Local Symmetries*, Physical Review Letters 48(1993), 2373–2376.
- Wald R.M., *General Relativity*, University of Chicago Press, Chicago 1984.
- Worrall J., *Structural realism: the best of both worlds?*, Dialectica 42(1989), 99–124.
- Wüthrich Ch., *Challenging the Spacetime Structuralist*, Philosophy of Science 76(2009), 1039–1051.

SPACETIME – PART OF THE STRUCTURE OR STRUCTURAL ASPECT? ONTOLOGY OF SPACETIME IN THE CONTEXT OF MODERATE ONTIC STRUCTURAL REALISM

Abstract. The position called Moderate Ontic Structural Realism, presented by Michael Esfeld and Vincent Lam, is described and criticised. Three theses are proposed. First, that the regarded position is intertwined with treating Spacetime as a property (or aspect) of the gravitational field. Second, that the metaphysics of properties used in Moderate Ontic Structural Realism leads to unfortunate consequences such as abandoning the equality of heuristics of constructing representations of gravity in General Relativity. Finally, the third thesis is that Spacetime should be interpreted metaphysically as part of a wider gravitational structure.

After a summary of Esfeld's and Lam's position, reference to the issue of the equality of heuristics is presented as a critical perspective. A criticism of Moderate Ontic Structural Realism is formulated and further postulates about the ontology of Spacetime are proposed. In conclusion, an answer to the question stated in the title is suggested: spacetime is a part of the structure.

Keywords: spacetime, moderate ontic structural realism, gravitation, metaphysics of properties, general relativity

DAMIAN LUTY

damian.luty@amu.edu.pl

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Instytut Filozofii
Szamarzewskiego 89C, 60-568 Poznań

DOI: 10.21697/spch.2016.52.4.14