



www.etiudafilozoficzna.pl

Spór o naturę czasu i przestrzeni.

**Wybrane zagadnienia filozofii czasu i
przestrzeni Johna Earmana.**

Jerzy Gołosz

(fragmenty)

SPIS TREŚCI

Wstęp.....	3
I. Określenie stanowisk w sporze absolutyzm - relacjonizm.....	5
1. Absolutyzm i relacjonizm jako stanowiska ontologiczne.....	5
2. Atrybutywizm	10
3. Absolutyzm i relacjonizm jako stanowiska w sporze o naturę ruchu	11
4. Inne sensy „absolutności”	12
II. Spór o naturę ruchu i jego związki ze sporem substancjalizm - relacjonizm.....	13
1. Symetrie w klasycznych teoriach ruchu.....	13
2. Co oznacza termin „absolutny”?.....	20
3. Spór o naturę ruchu w fizyce przedrelatywistycznej.....	22
4. Ruch obrotowy w fizyce klasycznej.....	24
5. Relacjonistyczne teorie Barboura i Bertotti’ego.....	27
6. Spór o naturę ruchu i teoria względności.....	31
7. Spór o naturę ruchu a ontologiczny spór substancjalizm - relacjonizm.....	36
8. Ocena earmanowskiego ujęcia sporu o naturę ruchu	40
III. Główne argumenty w sporze substancjalizm - relacjonizm analizowane przez Earmana...47	
1. Argument Leibniza.....	47
2. Argument Kanta	52
3. Argument Fielda	61
4. Argument dziury.....	72
4.1 Einsteina argument dziury.....	72
4.2 Earmana - Nortona argument dziury.....	75
4.3 Analiza możliwych reakcji na argument dziury.....	100
4.3.1 nstrumentalizm.....	100
4.3.2 Atrybutywizm.....	100
4.3.3 Relacjonizm.....	101
4.3.4 Strukturalizm.....	102
4.3.5 Esencjalizm	104
4.3.6 Substancjalizm negujący transświatową identyfikację punktów.....	118
IV. Czy można uprawiać fizykę bez czasoprzestrzeni?.....	123
Wnioski końcowe.....	126
Literatura.....	130

Wstęp

Celem niniejszej pracy jest analiza nowatorskiego ujęcia tradycyjnego sporu filozoficznego pomiędzy absolutyzmem i relacjonizmem, przedstawionego przez Johna Earmana w latach 80-ych. Właściwe zrozumienie tego sporu wymaga precyzyjnego określenia różnych płaszczyzn, na których rozgrywa się ten spór, co z kolei jest konsekwencją różnych sensów, jakie nadawano obu wspomnianym stanowiskom, zaś każda próba jego rozwiązania musi brać pod uwagę to, co do powiedzenia na temat czasu i przestrzeni ma fizyka - zarówno ta starsza, jak i ta najnowsza. Earman wypełnia oba te warunki w sposób, dla którego trudno byłoby znaleźć odpowiednik we współczesnej literaturze. Precyzyjnie rozróżnia różne znaczenia, jakie nadawano terminom „absolutyzm” i „relacjonizm” a następnie wnikliwie analizuje wielowymiarowy spór pomiędzy stanowiskami, które przywykliśmy określać tymi terminami, w oparciu o klasyczne (niekwantowe) teorie fizyczne, wśród których teoria względności zdaje się zajmować miejsce szczególne. Earman proponuje przy tym własne oryginalne rozwiązania sporu pomiędzy absolutyzmem i relacjonizmem, które chociaż miejscami dyskusyjne, zmuszają z jednej strony do ponownego przemyślenia tak istotnych własności współczesnych teorii fizycznych, jak na przykład ogólna współzmienniczość ich równań, z drugiej zaś pozwalają zobaczyć cały omawiany spór w nowym świetle.

Rozdział pierwszy niniejszej pracy oraz dwa pierwsze paragrafy rozdziału drugiego poświęcone wprowadzeniu różnych możliwych znaczeń, jakie nadawano terminom „absolutyzm” i „substancjalizm” oraz wyjaśnieniu, na czym polega spór pomiędzy odpowiadającymi im stanowiskami. Wprowadzone jest tam również stanowisko pośrednie pomiędzy ontologicznymi stanowiskami absolutyzmu i relacjonizmu, tzn. atrybutywizm. Ponieważ Earman stoi na stanowisku realizmu naukowego, czyli poglądu nakazującego uznawanie istnienia tych bytów, do których odnoszą się teorie naukowe, zasadniczy problem, jaki się pojawi przy określaniu wszystkich trzech stanowisk ontologicznych, to problem, w jaki sposób ustalać ontologię teorii naukowych. Pewne istotne aspekty tego zagadnienia powrócą również w trzecim rozdziale mojej pracy - w paragrafie poświęconym argumentowi Fielda - w związku z bardzo ważną dla sporu substancjalizm - relacjonizm kwestią, w jaki sposób należy ustalać status ontologiczny pól fizycznych.

W rozdziale drugim przedstawiony jest spór pomiędzy absolutystyczną i relacjonistyczną koncepcją ruchu oraz związek tego zagadnienia z problemem statusu

ontologicznego czasu i przestrzeni. Rozdział trzeci zawiera analizę różnych argumentów, które padały w ontologicznym sporze absolutyzm - relacjonizm, w tym najważniejszego dla Earmana argumentu - tzw. argumentu dziury. Earman, który znany był wcześniej jako zdecydowany zwolennik ontologicznego absolutyzmu, czyli substancjalizmu, pod wpływem tego właśnie argumentu zmienił swoje poglądy ontologiczne. Zmienił je, gdyż argument dziury miał, jego zdaniem, pokazywać, że substancjalizm automatycznie pociąga za sobą indeterminizmem.

W rozdziale czwartym poddana jest analizie earmanowska próba skonstruowania niesubstancjalistycznej wersji teorii względności, podjęta w oparciu o propozycję Gerocha (1972), wyrażenia tej teorii w języku tzw. algebr Einsteina.

Praca niniejsza powstała na podstawie mojej pracy doktorskiej, która została napisana i obroniona na Uniwersytecie Jagiellońskim w roku 1998. Chciałbym w tym miejscu bardzo podziękować obu promotorom tej pracy, tzn. Prof. Zdzisławowi Augustynkowi oraz Prof. Józefowi Miśkowi za inspirację oraz pomoc udzieloną przy jej pisaniu, oraz jej recenzentom - Ks. Prof. Michałowi Hellerowi oraz Prof. Adamowi Groblerowi za uwagi krytyczne, które pozwoliły na wyeliminowanie niektórych przynajmniej moich błędów.

I. OKREŚLENIE STANOWISK W SPORZE ABSOLUTYZM - RELACJONIZM

1. Absolutyzm i relacjonizm jako stanowiska ontologiczne

Najbardziej znaną wersją sporu pomiędzy absolutyzmem i relacjonizmem jest wersja ontologiczna. Spór ten, w tej wersji, rozgrywa się pomiędzy absolutyzmem i relacjonizmem ontologicznym a dotyczy tego, czy czas i przestrzeń (ewentualnie czasoprzestrzeń) są równie pierwotne jak świat materialny czy też może są tylko czymś pochodnym w stosunku do niego. Absolutyzm ontologiczny jest stanowiskiem głoszącym, mówiąc najprościej, substancjalność przestrzeni (lub czasoprzestrzeni). Z tego też powodu, oraz dla uniknięcia dwuznaczności, pogląd taki określa się często terminem „substancjalizm”. Do zwyczaju tego stosuje się również Earman. Tradycyjny, wywodzący się od Newtona substancjalizm rozumie on jako stanowisko głoszące, że czasoprzestrzeń jest podłożem dla fizycznych zdarzeń i procesów, co wyraża w następujący sposób:

„Czasoprzestrzeń jest substancją przez to, że tworzy podłoże dla fizycznych zdarzeń **SUB** i procesów a czasoprzestrzenne relacje pomiędzy takimi zdarzeniami i procesami są pochodne wobec czasoprzestrzennych relacji zachodzących pomiędzy tworzącymi to podłoże punktami i obszarami czasoprzestrzeni”¹

Definicja taka, sama w sobie, nie określa jeszcze jednoznacznie stanowiska, które Earman przypisuje substancjaliście ze względu na wieloznaczność terminów „substancja”, „podłoże”, czy „bycie pochodnym”. Uzupełnieniem tej definicji - podobnie jak w przypadku pozostałych stanowisk ontologicznych - jest przyjęte przez Earmana *implicite* założenie realizmu naukowego, który zmusza go do uznawania istnienia tych bytów, do których w nieeliminowalny sposób odnoszą się nasze najlepsze teorie naukowe. Jakkolwiek założony realizm naukowy zwiększa nasze rozumienie terminów używanych do określania stanowisk ontologicznych, to jednak - co będę chciał pokazać w trzecim rozdziale mojej pracy - wszystkich niejasności to bynajmniej nie usuwa.

¹ Earman 1989b, s. 11. Przez zdarzenie fizyczne (*physical event*) Earman rozumie tutaj zdarzenie w sensie właściwym, czyli to coś, co zachodzi czy wydarza się w jakimś punkcie czasoprzestrzennym. Fizycy relatywiści używają terminu „zdarzenie” („*event*”) dwuznacznie; rozumiejąc go albo w sensie właściwym, jako to, co się wydarza, bądź też dla oznaczenia punktu czasoprzestrzeni, w którym zachodzi zdarzenie w sensie właściwym (por. Earman 1989b, s. 164, Augustynek 1992, s. 66). W pracy tej będę używał terminu „zdarzenie” w sensie właściwym, chyba że zaznaczę, że jest inaczej.

Dla przykładu substancjalistyczny opis stanu fizycznego w pewnym momencie czasu w ramach fizyki newtonowskiej będzie miał postać:

$$R(p_1, p_2, \dots, b_1, b_2, \dots) \quad (1.1)$$

gdzie „ p_i ” denotuje punkty przestrzeni a „ b_i ” ciała².

Jako indywidua występują tu punkty przestrzeni oraz ciała, przy czym te pierwsze w nieeliminowalny sposób, tzn. (1.1) nie może być zastąpione przez

$$R_1(b_1, b_2, \dots) \quad (1.2)$$

Mocniejszą wersją substancjalizmu jest stanowisko, które Earman nazywa *hipersubstancjalizmem* (*supersubstantialism*). Zgodnie z tym poglądem jedynymi indywiduami są punkty przestrzeni czy też - przy bardziej nowoczesnym podejściu - punkty czasoprzestrzeni. Opis stanu fizycznego, zgodny z tym stanowiskiem, miałby postać³:

$$R_2(p_1, p_2, \dots) \quad (1.3)$$

Współczesną wersją substancjalizmu - a jednocześnie jedyną obecnie funkcjonującą według Earmana - ma być tzw. *substancjalizm różniczkowy*⁴. Stanowisko to ma reprezentować typowe podejście współczesnego fizyka do czasoprzestrzeni i pól fizycznych. W tej wersji substancjalizmu różniczkowa M , którą Earman utożsamia z czasoprzestrzenią, ma funkcjonować jako „bazowa substancja tj. bazowy obiekt predykcji” (Earman 1989b, s. 155), jeżeli zaś chodzi o pola fizyczne, to „wydaje się, że pole elektromagnetyczne i właściwie wszystkie pola fizyczne muszą być konstruowane jako stany M ” (Earman (1989b), s.155). Rzeczą najistotniejszą tutaj jest to, że Earman zdaje się traktować pola fizyczne w teorii pola (w standardowej wersji) jako własności czasoprzestrzeni, co potwierdzają również inne fragmenty jego prac. Np. w (1986a) Earman stwierdzał, że „(jak Field słusznie podkreśla) zwyczajowa prezentacja tych teorii [teorii pola - J. G.] traktuje pola jako własności czasoprzestrzeni”⁵. Earmanowskie podejście do standardowej wersji teorii pola będzie przedstawione i poddane krytyce w rozdz. 3 § 3, tu natomiast chciałbym się ograniczyć do wprowadzenia drugiej - pominiętej przez Earmana - wersji substancjalizmu różniczkowego, która, co będę chciał pokazać, lepiej odpowiada temu, jak teorię pola (w standardowej wersji) rozumieją fizycy. Substancjalizm różniczkowy daje się bowiem

² Earman 1989b, s. 114, 1986a, s. 227. Przejście do opisu w kategoriach czasoprzestrzeni zamiast czasu i przestrzeni wymagałoby tylko jednej zmiany w wyrażeniu (1.1); zinterpretowania punktów p_i jako punktów czasoprzestrzeni.

³ Earman 1989b, s. 115. Zdaniem Earmana poglądy Newtona z *De Gravitatione* dają się zinterpretować w duchu hipersubstancjalizmu (Earman 1989b, s. 115, 125).

⁴ W oryginale *manifold substantialism* (Earman 1989b, s. 155, 180).

⁵ Earman 1986a, s. 243. Por. również Earman 1986a, s. 236, 1989b, s. 201.

zdefiniować w dwojaki sposób; można, po pierwsze, włączyć do zbioru własności wszystkie pola - tak, jak zdaje się to robić Earman - i otrzymuje się jego hipersubstancjalistyczną wersję. Można też, po drugie, rozszerzyć zbiór indywiduów o niektóre pola (np. w postaci kwantów pola czy też indywiduów polowych⁶) a w zbiorze własności pozostawić tylko pole tensora metrycznego. Otrzymujemy w ten sposób umiarkowaną wersję substancjalizmu różnicowościowego, która zgodna jest, moim zdaniem, z nastawieniem większości fizyków, zajmujących się teorią pola.

Konieczność rozróżnienia standardowej i niestandardowej wersji teorii pola bierze się stąd, że Earman analizuje dwie jej wersje; standardową - substancjalistyczną - i drugą, mniej znaną, która jest rozwinięciem propozycji Gerocha (1972) zbudowania nowej wersji ogólnej teorii względności (OTW), wyrażonej w języku tzw. algebr Einsteina. Earman jest zwolennikiem właśnie tej drugiej wersji teorii pola ze względu na jej niesubstancjalistyczny charakter. Wersję tą przedstawię w 4-tym rozdziale mojej pracy.

Na ontologiczne stanowisko relacjonizmu składają się, według Earmana, dwie tezy. Pierwsza z nich jest negacją ontologicznej tezy substancjalizmu (SUB):

„Czasoprzestrzenne relacje pomiędzy ciałami i zdarzeniami są pierwotne, tzn. nie są **REL1** one pochodne względem relacji pomiędzy punktami przestrzeni, które miałyby być podłożem dla ciał, ani też względem relacji pomiędzy punktami czasoprzestrzeni, które miałyby być podłożem dla zdarzeń.“⁷

O tezie tej można powiedzieć to samo, co o ontologicznej tezie substancjalizmu (SUB); jest ona niejasna ze względu na wieloznaczność terminu „pochodne”. Również tą definicję uzupełnia złożenie realizmu naukowego. Uzupełniona w ten sposób teza (REL1) żąda, aby np. wszelki opis stanu fizycznego w pewnym momencie czasu w ramach fizyki newtonowskiej miał postać (1.2).

Druga teza stwierdza, że wszystkie predykaty czasoprzestrzenne muszą być z natury relacyjne, tzn. muszą wyrażać pewne relacje czasoprzestrzenne, nie mogą natomiast w

⁶ Można np., tak jak to robi Hooker (1971), uważać pola fizyczne za zbiór indywiduów (indywiduów polowych), znajdujących się w poszczególnych punktach czasoprzestrzeni. Różne indywidua polowe byłyby identyfikowane, tak jak ma to miejsce w przypadku zwykłych ciał materialnych (np. elektronów), poprzez ich własności (wartości pola) oraz lokalizację czasoprzestrzenną. Czasoprzestrzenna lokalizacja w punkcie wyrażałaby się przez relację dwuczłonową, zachodzącą pomiędzy dwoma typami indywiduów: indywiduami polowymi i punktami czasoprzestrzeni. Nie powstaje tu zatem problem - na który zwracał uwagę Hooker w przypadku relacjonistycznych koncepcji czasoprzestrzeni - zagrożenia błędnym kołem przy konstruowaniu czasoprzestrzeni.

⁷ Earman 1989b, s. 12.

poprawnie zbudowanej relacjonistycznej teorii fizycznej pojawić się nieredukowalne, monadyczne (tj. nierelacyjne) własności czasoprzestrzenne :

“Żadne nieredukowalne, monadyczne czasoprzestrzenne własności typu ‘jest
REL2 zlokalizowane w czasoprzestrzennym punkcie p ’ nie występują w poprawnej analizie wyrażenia odnoszącego się do czasoprzestrzeni“⁸

Ponieważ na ontologiczne stanowisko relacjonizmu składają się dwie tezy, należałoby zastanowić się nad problemem, którego Earman nie rozważa, mianowicie jaki związek zachodzi między tymi tezami. Pamiętać przy tym należy, że sens terminów „substancja”, „pierwotny”, „pochodny” wyjaśnia przyjęte przez Earmana *implicite* założenie realizmu naukowego, zgodnie z którym należy uznawać istnienie tych bytów, do których w nieeliminowalny sposób odnoszą się nasze najlepsze teorie naukowe. I tak (REL1) nie pociąga za sobą logicznie (REL2), gdyż (REL1) nie wyklucza, że w teoriach fizycznych mogą pojawić się nieredukowalne, monadyczne własności czasoprzestrzennej lokalizacji. Zachodzi za to, co można pokazać, związek odwrotny:

$$REL2 \Rightarrow REL1 \quad (1.4)$$

Dowód (nie wprost) wygląda następująco; załóżmy, że (REL1) nie zachodzi. Ponieważ negacja (REL1) jest równoważna (SUB), mamy taką oto sytuację, że w jakiejś uznanej teorii występują jako indywidua punkty czasoprzestrzeni, które nie są redukowalne ani do własności (w przeciwnym razie nie byłby to już substancjalizm, tylko stanowisko, które Earman nazywa atrybutywizmem a które będzie przedstawione w następnym paragrafie), ani do relacji (bo byłby to relacjonizm). Możemy utworzyć w ramach tej teorii predykaty typu:

„ jest zlokalizowane w czasoprzestrzennym punkcie p_i “

z których co najmniej część musi być nieredukowalna do czasoprzestrzennych relacji pomiędzy ciałami lub zdarzeniami. Pociąga to za sobą niezachodzenie (REL2).

Z (1.4) wynika, że teza (REL2) jest mocniejsza i sama w sobie wystarcza do zdefiniowania relacjonizmu. Co więcej prawdziwość (SUB) pociąga za sobą (przez *modus tollens*) niezachodzenie (REL2), czyli nie istnieje stanowisko ontologiczne, które byłoby jednocześnie substancjalistyczne i relacjonistyczne (w sensie podanym przez Earmana). W istocie nie trudno jest pokazać, że ten podział nie jest nawet dychotomią; możliwe jest stanowisko ontologiczne, które nie jest ani substancjalizmem ani relacjonizmem. Pogląd taki będzie analizowany w następnym paragrafie.

⁸ Earman 1989b, s. 13.

Można się zastanawiać, dlaczego ontologia relacjonistyczna określona jest przez dwie tezy, skoro jedna z nich pociąga za sobą logicznie drugą i jest sama przez się wystarczająca do zdefiniowania relacjonizmu. Jeżeli pominąć najprostszą odpowiedź, że Earman po prostu nie zauważył związku (1.4), to pozostają jeszcze dwa istotne argumenty za taką właśnie formą definicji. Po pierwsze związek (1.4) zachodzi tylko po przyjęciu dodatkowych założeń (realizm naukowy), dotyczących sensu terminów takich, jak „substancja”, „pierwotne”, „pochodny”. Po drugie zaś przy takiej właśnie definicji relacjonizmu w prosty sposób skonstruować można stanowisko słabsze od relacjonizmu, tzw. atrybutywizm, w którym spełniona jest teza słabsza (REL1) a nie jest spełniona teza mocniejsza (REL2).

Na zakończenie tego paragrafu chciałbym jeszcze rozważyć problem, jak earmanowska definicja relacjonizmu ma się do innych definicji tego stanowiska, które używane są w literaturze. Do klasyfikacji różnych postaci relacjonizmu wygodnie jest użyć rozróżnienia, które zaproponował Friedman (z małą poprawką, która ma swoje historyczne uzasadnienie)⁹. Możliwe są mianowicie dwa typy relacjonizmu; pierwszy utrzymany w duchu Leibniza, drugi Reichenbacha. Pierwszy z nich dotyczy bezpośrednio ontologii; do zbioru indywiduów zalicza ciała fizyczne lub zdarzenia fizyczne żądając przy tym, aby wszelkie stwierdzenia dotyczące struktury czasoprzestrzennej dały się przedstawić jako stwierdzenia dotyczące relacji czasoprzestrzennych, zachodzących pomiędzy obiektami fizycznymi. W szczególności wszystkie stwierdzenia dotyczące punktów czasoprzestrzeni powinny dać się wyrazić w języku relacji zachodzących pomiędzy obiektami fizycznymi, znajdującymi się w tych punktach. Relacjami takimi mogą być np. relacje równoczesności, poprzedzania czasowego czy też koincydencji czasoprzestrzennej.

Relacjonizm reichenbachowski natomiast dotyczy bezpośrednio języka teorii fizycznych, a pośrednio tylko ontologii. Zgodnie z nim wszystkie stwierdzenia dotyczące relacji czasoprzestrzennych powinny być redukowalne (czy też definiowalne) do bardziej pierwotnych nieczasoprzestrzennych relacji, np. przyczynowych. W konsekwencji do zbioru indywiduów zalicza się tutaj rzeczy, ewentualnie zdarzenia, pomiędzy którymi owe relacje

⁹ Friedman 1983, s. 62-63, 217. Poprawka jaką wprowadziłem do klasyfikacji Friedmana polega na odrzuceniu możliwości, że relacjonizm w duchu Leibniza dopuszcza możliwość istnienia pierwotnych, czyli nieredukowalnych do relacyjnych, własności czasoprzestrzennej lokalizacji zdarzeń i obiektów fizycznych. Dla Friedmana relacjonizmem w duchu Leibniza byłby już relacjonizm wprowadzony przez (REL1) i negację tezy (REL2), czyli pogląd który dla Earmana jest stanowiskiem pośrednim pomiędzy substancjalizmem i relacjonizmem. Zgadza się z Earmanem (Earman 1989b, s. 14), że przypisywanie tego typu poglądów Leibnizowi nie ma swojego historycznego uzasadnienia, ponieważ Leibniz odwoływał się do „porządku współistnienia rzeczy” i „porządku następstwa rzeczy”, a więc do pewnych relacji nie zaś do własności lokalizacji pojedynczych rzeczy. Friedman wprowadza swoje rozróżnienie bez - jak sam deklaruje (s. 217) - historycznego uzasadnienia.

(np. przyczynowe) mogą zachodzić. Earmanowska definicja relacjonizmu jest definicją typu leibnizowskiego. Relacjonizmowi reichenbachowskiemu Earman poświęca niewiele uwagi; wspomina tylko o takiej możliwości zdefiniowania relacjonizmu¹⁰ oraz krytykuje możliwość skonstruowania teorii pola w sposób zgodny z ideami Reichenbacha¹¹.

Mogłoby się wydawać, że tezy relacjonizmu reichenbachowskiego, jako dość mocne, pociągają logicznie za sobą tezy relacjonizmu leibnizowskiego. Sądzę, że można jednak zgodzić się z Friedmanem¹², że tak nie jest. Ten pierwszy dopuszcza bowiem nieobsadzone punkty czasoprzestrzenne (o ile tylko odpowiednie stwierdzenia dotyczące tego typu punktów są redukowalne do innych nieczasoprzestrzennych wielkości), ten drugi zaś istnienia takich punktów nie dopuszcza. Wynika stąd, że ewentualne zarzuty skierowane przeciwko relacjonizmowi leibnizowskiemu nie koniecznie muszą trafiać w relacjonizm reichenbachowski: zarzut, który obalałby pierwszy z nich trafiałby w wypadku zachodzenia takiego związku logicznego przez *modus tollens* w drugi.

2. Atrybutywizm

Ontologiczna teza relacjonizmu (REL1) jest negacją substancjalistycznej tezy (SUB). Natomiast obie tezy łącznie $REL1 \wedge REL2$ (lub po prostu samo (REL2), gdyż wobec zachodzenia (1.4) mamy równoważność $REL1 \wedge REL2 \equiv REL2$) nie są już negacją (SUB), co sprawia - jak zauważa Earman¹³ - że ontologiczny spór relacjonizm - substancjalizm przestaje być dychotomią. Aby zobaczyć, że tak jest istotnie, wystarczy wziąć pod uwagę stanowisko ontologiczne, zgodnie z którym zalicza się do indywiduów tylko ciała (ewentualnie zdarzenia), a punkty czasoprzestrzeni traktuje się jako własności lokalizacji, przyznając im dodatkowo prawo do „niezrzeszania się”, czyli do występowania w teoriach fizycznych w nieredukowalnej, monadycznej formie. Inaczej mówiąc stanowisko to reprezentowane byłoby przez dwie tezy: (REL1) i negację (REL2). Nie byłby to zatem ani substancjalizm ani relacjonizm, tylko stanowisko pośrednie. I tak np. opis stanu fizycznego w pewnym momencie czasu w ramach fizyki newtonowskiej, zgodny z tym stanowiskiem, miałby postać:

¹⁰ Earman 1989b, s. 17.

¹¹ Krytyka ta będzie przedstawiona w dalszej części mojej pracy (rozdz. 3 § 3).

¹² Friedman 1983, s. 63.

¹³ Earman 1989b, s. 14, 114, 208.

$$R''(b_1, b_2, \dots) \wedge P_1(b_1) \wedge P_2(b_2) \wedge \dots \quad (1.6)$$

gdzie „ b_i ” denotują ciała zaś „ $P_i(x)$ ” są predykatami typu „ x jest zlokalizowane w punkcie p_i ”. Earman określa takie stanowisko ontologiczne terminem „atrybutywizm” („*property view*”)¹⁴, ponieważ przypisuje ono punktom czasoprzestrzeni status własności, a jego analiza możliwości obrony takiego stanowiska ogranicza się do stwierdzenia, że argument Leibniza oraz jego współczesna wersja, czyli tzw. argument dziury, skierowane pierwotnie przeciwko substancjalizmowi, trafiają w równej mierze w atrybutywizm. Obydwa te argumenty omówię w dalszej części pracy.

3. Absolutyzm i relacjonizm jako stanowiska w sporze o naturę ruchu

Mniej znanym, chociaż nie mniej interesującym od ontologicznego sporu o sposób istnienia czasoprzestrzeni, jest spór o naturę ruchu. Spór ten dotyczy tego, czy ruch jest zjawiskiem, które do swojego opisu wymaga odniesienia do czasoprzestrzeni (ewentualnie czasu i przestrzeni rozpatrywanych osobno), czy też nie. Absolutyści twierdzą, że jest tak istotnie, relacjoniści natomiast uważają, że odwoływanie się do czasoprzestrzeni (ewentualnie czasu i przestrzeni) nie jest potrzebne i że każdy ruch jest względnym ruchem ciał lub też odbywa się względem jakiejś struktury, jednoznacznie wyznaczonej przez rozkład ciał. Earman analizuje obie wspomniane wyżej możliwe strategie relacjonisty, jakkolwiek formułując relacjonistyczną koncepcję ruchu bierze pod uwagę tylko pierwszą z nich, historycznie pierwszą, tą drugą natomiast omawia dopiero w części poświęconej teorii względności.

Relacjonistyczna koncepcja ruchu ma u Earmana następującą postać:

REL „Każdy ruch jest względnym ruchem ciał, a zatem czasoprzestrzeń nie ma i mieć nie może struktur, które uzasadniałyby absolutne wielkości ruchu”.¹⁵

Pierwszą część powyższej tezy, w której Earman stwierdza, że według relacjonisty każdy ruch jest względnym ruchem ciał, należy rozumieć w ten sposób, że „w relacjonistycznej teorii ruchu jedynymi znaczącymi lub niezmienniczymi wielkościami ruchu są względne wielkości odnoszące się do cząsteczek, takie jak względne odległości cząsteczek, względne prędkości cząsteczek, względne przyspieszenia cząsteczek itd.” (Earman 1989a, s. 84). Druga

¹⁴ Możliwość zajęcia takiego stanowiska ontologicznego jako pierwszy zauważył prawdopodobnie Horwich (1978). Horwich nazywa je *monadyzmem* (*monadicism*). Pod tą też nazwą stanowisko to analizowane jest przez Fielda (1989).

¹⁵ Earman 1989b, s. 12. W napisanej w tym samym roku pracy (1989a, s. 83) Earman wyraża tą definicję zwięźle: „Każdy ruch jest względnym ruchem ciał”.

jej część jest konsekwencją logiczną pierwszej i jest automatycznie spełniona, o ile spełniona jest pierwsza.

Absolutystyczna koncepcja ruchu, wykorzystywana przez Earmana, chociaż nie przedstawiona *explicite*, miałyby z kolei postać:

Każda adekwatna teoria ruchu musi zawierać w swoich równaniach co najmniej jedną **ABS** spośród absolutnych (odnoszących się do czasoprzestrzeni, a nie do innych ciał) wielkości, takich jak położenie, prędkość czy przyspieszenie.

Spór pomiędzy absolutystyczną i relacjonistyczną koncepcją ruchu wydaje się być sporem dychotomicznym, gdyż opisując ruch albo musimy odwołać się do czasoprzestrzeni (lub jej struktur) albo też do innych ciał (lub struktur zdeterminowanych przez rozkład materii). Próbę wyjścia poza tą dychotomię stanowi rozpatrywana przez Earmana propozycja Sklára (1976, s. 229-232) potraktowania ruchu jako nie odnoszącego się do niczego - ani do czasoprzestrzeni ani do innych ciał. Propozycja ta, sprowadzająca się do tego, aby potraktować przyspieszenie jako pierwotną, monadyczną własność cząsteczek, będzie przedyskutowana w dalszej części pracy (rozdz. 2, § 7).

4. Inne sensy „absolutności”

Omówione wcześniej znaczenia terminu „absolutność” nie wyczerpują bynajmniej listy wszystkich możliwych znaczeń, w jakich ten termin bywa używany. Problem rozróżnienia tych, już wymienionych, i innych możliwych znaczeń jest o tyle istotny, że niezauważanie ich może prowadzić, i rzeczywiście niejednokrotnie prowadziło, do nieporozumień. Pozostałą grupę znaczeń terminu „absolutny” łączy wspólna forma; „absolutny” znaczy tu tyle, co „niezmienniczy ze względu na dane odwzorowania symetrii czasoprzestrzennych”. Termin „absolutny” w tym sensie jest zatem zrelatywizowany do wybranego typu symetrii czasoprzestrzennej. Mieszczą się w tej grupie tak istotne - i będące przyczyną historycznie ważnych sporów - znaczenia, jak na przykład „absolutna przestrzeń” (w sensie wyróżnionego układu odniesienia) czy „absolutny czas” (w sensie absolutnej równoczesności). Problem ten zostanie dokładniej omówiony w rozdziale drugim (§ 2), po wprowadzeniu pojęcia symetrii czasoprzestrzennych.

II. SPÓR O NATURE RUCHU I JEGO ZWIĄZKI ZE SPOREM SUBSTANCJALIZM - RELACJONIZM

2. Co oznacza termin „absolutny”?

Wprowadzone pojęcia symetrii czasoprzestrzennych pozwalają na to rozwinąć poruszany już wcześniej problem wieloznaczności terminu „absolutny”. Przede wszystkim termin „absolutny” używany bywa w sensie ontologicznym a własność denotowana przez niego przypisywana bywa czasoprzestrzeni lub też czasowi i przestrzeni rozpatrywanym osobno. Czasoprzestrzeń *absolutna* w tym sensie to czasoprzestrzeń, która istnieje jako substancja, samodzielnie względem świata materialnego (w sensie dokładniej sprecyzowanym w rozdz. I, § 1). W mojej pracy, w celu uniknięcia nieporozumień, nie używam terminu „absolutny” w tym znaczeniu, zastępując go terminem „substancjalny”. Substancjalista będzie oczywiście uznawał substancjalność czasoprzestrzeni (lub też czasu i przestrzeni rozpatrywanym osobno), relacjonista ontologiczny będzie temu przeczył.

W drugim znaczeniu termin „absolutny” przypisany może być wielkościom opisującym ruch, takim jak położenie, prędkość czy przyspieszenie, a oznacza tyle co odniesiony do czasoprzestrzeni i elementów jej struktury a nie do innych cząsteczek. Termin „absolutny” w tym sensie przeciwstawiony jest terminowi „relacyjny”. Absolutne (nierelacyjne) jest przyspieszenie w czasoprzestrzeni newtonowskiej, ponieważ jest odniesione do struktury inercjalnej a nie jest absolutne w tym sensie przyspieszenie z czasoprzestrzeni Leibniza, ponieważ jest ono odniesione do innych cząsteczek. Absolutysta w sporze o naturę ruchu uważa, że przynajmniej jedna z istotnych wielkości opisujących ruch (położenie, prędkość lub przyspieszenie) musi być absolutna (nierelacyjna), relacjonista w tymże sporze będzie temu przeczył.

Ostatnim rozpatrywanym wcześniej znaczeniem, czy też może raczej całym typem znaczeń terminu „absolutny” było to, w którym termin ten używany jest skrótowo dla wyrażen postaci „absolutny (niezmienniczy) ze względu na odwzorowania symetrii typu (...)”, gdzie w nawiasie powinna się znaleźć nazwa któregoś z odwzorowań symetrii, np. „Gal”. Termin „absolutny” w tym sensie zrelatywizowany jest, co bardzo istotne, do wybranego typu symetrii czasoprzestrzennej. Można więc mówić o absolutnym przyspieszeniu ze względu na symetrie (Leib) w czasoprzestrzeni Leibniza (choć jest ono jednocześnie relacyjne, czyli nie-absolutne we wcześniej omówionym sensie jako względne przyspieszenie cząsteczek). Nie można natomiast mówić o absolutności (niezmienniczości)

względem symetrii (Leib) absolutnego przyspieszenia w czasoprzestrzeni neonewtonowskiej, ponieważ przyspieszenie odniesione do struktury inercjalnej nie jest niezmiennicze ze względu na symetrię (Leib). W tym ostatnim przypadku przyspieszenie jest absolutne ze względu na symetrię (Gal).

Mówi się często o *absolutnym czasie* i *absolutnej przestrzeni* w fizyce newtonowskiej, nie precyzując bliżej co przez to rozumie. Precyzyjny sens tym terminom nadać można dopiero w języku symetrii. Otóż możemy mówić o *absolutnej równoczesności* w czasoprzestrzeni neonewtonowskiej (ze względu na symetrię (Gal)) ale, co warto podkreślić, równoczesność jest absolutna w każdym z omawianych typów czasoprzestrzeni (ze względu na właściwe im symetrię). Można też mówić o *absolutności interwału czasowego* w czasoprzestrzeni neonewtonowskiej (ze względu na symetrię (Gal)), ale z taką *absolutnością* mamy też do czynienia ponownie we wszystkich pozostałych klasycznych czasoprzestrzeniach (ze względu na właściwe im symetrię), poza czasoprzestrzenią Macha. Przykład czasoprzestrzeni Macha pokazuje, że *absolutność równoczesności* i *absolutność interwału czasowego* nie muszą występować jednocześnie.

Podobną niejednoznaczność mamy w przypadku *absolutności przestrzeni*. Można mówić o *absolutności przestrzeni* w czasoprzestrzeni newtonowskiej rozumiejąc przez to istnienie wyróżnionego układu odniesienia (niezmienniczego względem symetrii (New)), pozwalającego na identyfikację przestrzennej lokalizacji obiektu w różnych momentach czasu oraz na określenie prędkości dowolnego obiektu względem tego układu odniesienia. Ale można też mówić o *absolutności przestrzeni* ze względu na symetrię (Aryst). W tej przestrzeni pojawia się dodatkowo (w porównaniu z *absolutną przestrzenią* Newtona) wyróżniony punkt, względem którego można mierzyć odległość dowolnego obiektu. Arystotelesowska *przestrzeń absolutna* nie jest niezmiennicza ze względu na symetrię (New). Jest to więc inna *absolutność*.

3. Spór o naturę ruchu w fizyce przedrelatywistycznej

Spór o naturę ruchu zapoczątkowany został w XVII w. słynną polemiką Leibniza z Newtonem. To nie Leibniz jednak był pierwszym naprawdę konsekwentnym obrońcą relacyjności ruchu, lecz Huygens, który uważał, że „o tych tylko ciałach można powiedzieć, że się poruszają, których położenie i odległość zmieniają się, zarówno względem siebie, jak i

względem innego ciała”¹⁶. Leibniz mimo tego, że był zwolennikiem relacjonizmu ontologicznego, zdawał się dopuszczać, dość niekonsekwentnie, absolutność ruchu:

Przynaję wszelako, że istnieje różnica pomiędzy absolutnym i prawdziwym ruchem ciała a zwykłą względną zmianą jego położenia wobec innego ciała. Kiedy bowiem bezpośrednia przyczyna zmiany tkwi w ciele, znajduje się ono w ruchu i wtenczas położenie innych ciał względem niego ulega w następstwie zmianie, mimo że przyczyna tej zmiany nie tkwi w nich wcale. (Leibniz 1969, s. 391)

W ramach fizyki przedrelatywistycznej nie znaleziono żadnej satysfakcjonującej relacjonistycznej teorii ruchu. W istocie, aż do drugiej połowy XX w., kiedy to zaczęli opracowywać swoje koncepcje Barbour i Bertotti¹⁷, żadna taka teoria nie została przedstawiona. Zasadniczą trudnością, którą napotykają próby konstrukcji takiej teorii, jest - mające miejsce w niektórych przypadkach - niesymetryczne zachowanie obiektów poruszających się względem siebie, np. w przypadku wirujących kul z eksperymentu myślowego Einsteina, który będzie omawiany niżej (§4). Dynamika newtonowska, tak jak ją interpretujemy dziś, radzi sobie z tym problemem wprowadzając do czasoprzestrzeni strukturę inercjalną i określając dynamiczne równanie ruchu $F=ma$ względem tej struktury. Teoria relacjonistyczna, aby mogła wyjaśnić tego typu niesymetryczne zachowanie poruszających się względem siebie obiektów, musiałaby próbować - i jest to chyba jedyna możliwość - odwoływać się do obiektów kosmicznych w celu wyjaśnienia tej asymetrii. Musiałaby więc być teorią globalną.

Oryginalna newtonowska teoria ruchu ze *Scholium* (1729) jest również absolutystyczną teorią ruchu, chociaż absolutność tą Newton rozumiał inaczej niż rozumiemy ją obecnie. Newton nie rozróżniał absolutności ontologicznej (substancjalności) oraz absolutności w sensie istnienia absolutnego (wyróżnionego) układu odniesienia i sądził, że absolutność ruchu sprowadza się do istnienia takiego absolutnego układu odniesienia.

Ruch absolutny jest przemieszczeniem z jednego absolutnego miejsca do innego; a ruch względny jest przemieszczeniem z jednego miejsca względnego do innego. Tak więc na żeglującym statku [...] względny spoczynek jest trwaniem ciała w tej samej części statku lub jego wydrążeniu. Natomiast rzeczywisty absolutny spoczynek jest trwaniem ciała w tej samej części nieruchomej przestrzeni, w której sam statek, jego wydrążenie i wszystko, co zawiera, porusza się. (Newton 1729, s. 7)

Jest rzeczą zaskakującą, że Newton wierzył w istnienie takiego układu oraz w to, że absolutny ruch polega na zmianie absolutnego położenia w tym układzie, chociaż nie potrafił wskazać takiego układu:

Możliwe jest, że w odległych regionach gwiazd stałych, lub może nawet daleko poza nimi, istnieje ciało absolutnie spoczywające; lecz niemożliwe jest poznanie na podstawie położenia ciał w naszych regionach, czy

¹⁶Huygens (1880-1950): *Oeuvres completes*, La Haye, s. 227- 228. Cytowane za Earmanem (1989b, s.42).

¹⁷Por. rozdz. II, § 5.

któreś z nich zachowuje to samo położenie względem niego. Wynika stąd, że absolutny spoczynek nie może być określony na podstawie położenia ciał w naszych regionach. (Newton (1729), s. 8-9)

Żadne jednak prawa fizyki nie wskazują na istnienie wyróżnionego układu odniesienia, wydaje się zatem, że koncepcja absolutnej zmiany położenia nie jest potrzebna do konstrukcji empirycznie adekwatnych teorii fizycznych. Wynika stąd, zauważa Earman, że chociaż symetriami czasoprzestrzennymi oryginalnej teorii Newtona są symetrie (New) pełnej czasoprzestrzeni newtonowskiej, jej dynamicznymi symetriami są symetrie (Gal), co stanowi pogwałcenie pierwszej zasady symetrii (SP1). Ze względu na niemożność wskazania absolutnego układu odniesienia możemy jednak odrzucić, korzystając z brzytwy Ockhama, istnienie takiego układu przywracając tym samym obowiązywanie (SP1). Ale chociaż ruch tym samym przestaje być absolutny w oryginalnym sensie newtonowskim, polegającym na zmianie absolutnego położenia, po rozszerzeniu symetrii z (New) do (Gal) pozostaje w dalszym ciągu absolutny, ponieważ w czasoprzestrzeni neonewtonowskiej mamy w teorii ruchu absolutną (nierelacyjną) wielkość, którą jest przyspieszenie względem struktury inercjalnej. Mylili się zatem ci krytycy Newtona, którzy sądzili, że wystarczy odrzucić istnienie absolutnej przestrzeni (w sensie wyróżnionego układu odniesienia), aby tym samym zanegować absolutność ruchu. Można to było zrobić tylko w dwojaki sposób: tworząc adekwatną teorię ruchu działającą w czasoprzestrzeniach (Mach) lub (Leib) albo też wykazując, że struktura inercjalna daje się jednoznacznie powiązać z rozkładem i ruchem materii we Wszechświecie. W ramach fizyki przedrelatywistycznej nie było żadnej możliwości, aby związać strukturę inercjalną z rozkładem materii we Wszechświecie. Taka możliwość pojawia się dopiero w fizyce relatywistycznej i Earman analizuje ją dopiero w ramach tej fizyki.

4. Ruch obrotowy w fizyce klasycznej

Szczególnie trudnym wyzwaniem dla relacjonisty jest ruch obrotowy. Earman (1989b, s. 89-90) zwraca uwagę na przyczyny, które się na to składają. Po pierwsze, co prawda w mechanice newtonowskiej zarówno ruch obrotowy jak i niejednostajny ruch postępowy z towarzyszącymi im efektami bezwładności ciał mogą odbywać się bez relatywnego ruchu części składowych danego ciała, ale przyspieszenie w ruchu postępowym, w przeciwieństwie do ruchu obrotowego, nie może występować bez przyłożonej zewnętrznej siły. Implikuje to istnienie źródła siły w postaci innych ciał a istnienie takich ciał umożliwia podjęcie próby relacjonistycznej reinterpretacji takiego ruchu (względem ciała, które jest źródłem siły).

Tymczasem efekty bezwładnościowe związane z obrotem ciała rozciągniętego w fizyce newtonowskiej mogą pojawić się nawet w pustej (poza rozważanym układem) przestrzeni, co uniemożliwia relacjonistyczną reinterpretację takiego zjawiska. Po drugie, jeżeli ograniczymy się w analizie zjawiska ruchu do najprostszego przypadku 1-wymiarowego, wówczas eliminujemy możliwość obrotu. W takim wypadku można otrzymać dającą się bronić relacjonistyczną teorię ruchu w polu grawitacyjnym¹⁸.

Newton (1729, *Scholium*) przytacza dwa znane eksperymenty myślowe, które mają, według niego, odróżnić ruch absolutny od względnego. W eksperymentach tych czynnikami, które pozwalają odróżnić ruch absolutny od względnego, są siły działające radialnie. „Nie ma bowiem takich sił w czysto relatywnym ruchu kołowym, natomiast w prawdziwym i absolutnym ruchu kołowym są one większe lub mniejsze odpowiednio do ilości ruchu” (Newton 1729, s. 10). W pierwszym eksperymencie z obracającym się wiaderkiem wody siły te powodują zakrzywienie się powierzchni wody. Zjawiska tego nie daje się wytłumaczyć przez odwołanie się do względnego ruchu wody i wiaderka; w pierwszej fazie doświadczenia, po wprawieniu wiaderka w ruch obrotowy, mimo istnienia ruchu względnego powierzchnia wody jest pozioma. Z kolei w drugiej fazie doświadczenia, kiedy wiaderko i woda obracają się, powierzchnia w naczyniu jest wklęsła pomimo braku ruchu względnego wody i wiaderka.

W drugim eksperymencie myślowym Newtona dwie kule połączone sznurkiem obracają się wokół ich wspólnego środka ciężkości. Jak zauważa Newton (1729, s. 12), nawet w całkowicie pustej (poza układem kul) przestrzeni „gdzie nie byłoby niczego zewnętrznego i poznawalnego zmysłowo”, mierząc naprężenie sznurka można by było wyznaczyć wielkość ich ruchu kołowego. Co więcej, „gdyby można było równocześnie wywierać nacisk na przeciwległe strony kul, tak aby zwiększać lub zmniejszać ich ruch kołowy, wówczas ze wzrostu lub zmniejszania się naprężenia sznurka [...] można by wyznaczyć kierunek ruchu” (Newton 1729, s. 12). Zwiększenie napięcia sznurka świadczyłoby o tym, że przyłożone siły mają zwrot zgodny z kierunkiem obrotu, jego zmniejszenie zaś, że jest on przeciwny.

Inną znaną wersją eksperymentu myślowego Newtona z obracającymi się kulami jest wersja Einsteina. Einstein rozważał dwa płynne ciała tej samej wielkości i zbudowane z tego samego materiału, znajdujące się na tyle daleko od siebie i od innych ciał, aby można było zaniedbać wszystkie oddziaływania grawitacyjne z wyjątkiem tych, które wiążą ze sobą różne części tego samego ciała. Oba ciała mają znajdować się w stałej odległości od siebie a jedynym ruchem, jaki wykonują, jest ruch obrotowy jednego ciała względem drugiego. Każde

¹⁸ Barbour 1974. Teoria ta będzie omawiana w dalszej części pracy.

z ciał, obserwowane przez obserwatora związanego z drugim ciałem, obraca się ze stałą prędkością kątową wokół osi, którą jest linia łącząca środki obydwu ciał. Zgodnie z mechaniką newtonowską to ciało, które spoczywa względem układu inercyjnego będzie miało kształt kuli, zaś to, które się obraca, kształt elipsoidy obrotowej¹⁹.

Earman interpretuje eksperymenty myślowe Newtona w standardowy sposób; uważa, że mają to być jednocześnie argumenty przeciwko relacjonistycznej koncepcji ruchu i za istnieniem absolutnej przestrzeni (jako wyróżnionego układu odniesienia). Sprowadza on w ten sposób argumenty Newtona do dwóch tez (1989b, s. 64):

- P1 Najlepsze wyjaśnienie mechanicznych zjawisk w ogólności (i eksperymentu z wiaderkiem w szczególności) wykorzystuje absolutne przyspieszenie (i absolutny ruch obrotowy w szczególności).
- P2 Absolutne przyspieszenie w ogólności (i absolutny ruch obrotowy w szczególności) muszą być rozumiane jako przyspieszenie (i ruch obrotowy) względem absolutnej przestrzeni.

Jak zauważa Earman, (P2) jest fałszywe, gdyż absolutny ruch obrotowy pojawia się już w czasoprzestrzeni Maxwella a absolutne przyspieszenie w ogólności jest dostępne w czasoprzestrzeni neonewtonowskiej. Problem relacjonisty polega jednak na tym, że musi on odrzucić również (P1), a może to zrobić wyłącznie tworząc relacjonistyczną teorię ruchu, która funkcjonowałaby w czasoprzestrzeni Macha lub Leibniza. Żadna taka teoria nie powstała aż do 2-iej połowy XX w., kiedy to zaczęli rozwijać swoje koncepcje Barbour i Bertotti.

Jakkolwiek krytycy Newtona nie stworzyli żadnej klasycznej, relacjonistycznej teorii ruchu, to jednak jedna z prób alternatywnego wyjaśnienia bezwładnościowych efektów ruchu obrotowego zasługuje na uwagę ze względu na inspirującą rolę, jaką odegrała przy tworzeniu OTW. Chodzi tu oczywiście o ideę Macha wyjaśnienia tych efektów przez odniesienie ruchu obrotowego do gwiazd stałych²⁰. Według Macha siły bezwładności w ruchu obrotowym danego ciała, które powodują np. zakrzywienie powierzchni wody w obracającym się wiaderku, powstają jako wynik obrotu tego ciała względem gwiazd stałych. Gdyby Newton nie dysponował swoją dobrze funkcjonującą teorią ruchu lub też gdyby Mach stworzył

¹⁹ Einstein (1916): *The Foundations of General Relativity*. Einsteina rozwiązanie Newtona nie satysfakcjonowało, dlatego że zakładało, iż obserwowalny eksperymentalnie fakt (różny kształt kul) ma swoją sztuczną („factitious”) przyczynę w postaci układu inercyjnego. Miał on nadzieję, że jego teoria względności zmieni tą sytuację wiążąc strukturę inercjalną z rozkładem materii we Wszechświecie.

²⁰ Mach 1883, rozdz. 2, § 6. Ideę, aby wyjaśniać zjawisko obrotu przez odniesienie do gwiazd stałych wysunął jako pierwszy prawdopodobnie Berkeley w *De motu* (1752, § 59).

alternatywną, relacjonistyczną teorię ruchu (np. wyjaśniająca bezwładność ciała ruchem względem gwiazd stałych), machowska interpretacja ruchu obrotowego byłaby równouprawniona. Tak jednak nie jest. Dynamika newtonowska postulująca istnienie struktury inercjalnej czasoprzestrzeni funkcjonuje praktycznie i, w szczególności, dobrze wyjaśnia zjawisko obrotu. Mach alternatywnej teorii nie stworzył nigdy i to jest powód, dla którego Earman nie traktuje koncepcji Macha jako realnej alternatywy dla rozwiązań Newtona. Earman ma tu niewątpliwie rację, co jednak można mu zarzucić to niedoceniecie ważnej heurystycznej roli, jaką odegrała koncepcja Macha w historii i jaką spełnia jeszcze dziś²¹. Zasadę głoszącą, że lokalne układy inercjalne (i bezwładność ciał) zdeterminowane są przez rozkład i ruchy materii we Wszechświecie, nazwał Einstein zasadą Macha i inspirował się nią przy tworzeniu OTW²². Zasada ta jest w dalszym ciągu źródłem inspiracji dla wielu poszukiwań w dziedzinie fizyki i kosmologii.

²¹ Hofer i Ray (1992) zarzucają Earmanowi „szorstkie i nieprzychylnie potraktowanie Macha”. Earman oczywiście jest świadomy wpływu, jaki Mach wywarł na Einsteinie, ale za to chętnie podkreśla fakt, że Einstein pomylił się sądząc, że jego OTW wciela w życie zasadę Macha. Omawiając poglądy Macha Earman (1989b, s. 81-84) pisze, że machowska analiza zjawiska ruchu była „nieoryginalna”, „relatywnie słaba” w stosunku do tego, co zrobili jego poprzednicy krytykujący Newtona, a współczesne prace odwołujące się do zasady Macha na ogół pomija w swoich analizach.

²² Por. Einstein 1949.

6. Spór o naturę ruchu i teoria względności.

Earman zwraca uwagę na dość rozpowszechnioną a przy tym błędną opinię, zgodnie z którą OTW ma wcielać w życie relacjonistyczne idee Leibniza, Huygensa i Macha. Poza podobieństwem znaczeniowym terminów „relacyjny” i „relatywistyczny” można wskazać na dwie dalsze przyczyny, które doprowadziły do powstania takiego przekonania. Pierwsza to błąd samego Einsteina, który inspirował się zasadą Macha i który sądził początkowo, że OTW spełnia tę zasadę. Drugą przyczyną to wpływ Reichenbacha, który tego typu pogląd rozpowszechniał w swoich pracach²³. Teoria względności (w obu swoich wersjach) nie jest ani relacjonistyczną koncepcją ruchu ani też nie wciela w życie relacjonizmu ontologicznego, który będzie analizowany w kontekście OTW w następnym rozdziale.

Powód, dla którego nie można uznać teorii względności w obu wersjach za relacjonistyczną teorię ruchu, jest taki sam, jak w teorii Newtona. Zarówno teoria Newtona, jak i Einsteina – pisze Earman (1989b, s. 97) – wykorzystują absolutne (nierelacyjne) przyspieszenie oraz (w szczególnym przypadku ruchu obrotowego) absolutną prędkość kątową ruchu obrotowego. Earman uzasadnia to w następujący sposób. Rozważmy linię świata jakiejś cząsteczki i w każdym punkcie tej linii znajdziemy jednostkowy wektor styczny V^i ($g_{ij} V^i V^j = -1$), który jest czterowektorem prędkości. Jest to oczywiście wektor czasowy. Czterowektor przyspieszenia A^i można wówczas zdefiniować jako $A^i \equiv V^i_{||k} V^k$, gdzie symbol ‘ $||$ ’ oznacza pochodną kowariantną ze względu na określoną koneksję afiniczną²⁴. Tak zdefiniowany czterowektor przyspieszenia jest wektorem przestrzennym, ponieważ jest wektorem ortogonalnym do czterowektora prędkości ($A^i V_i = 0$, co wynika ze zróżniczkowania równości $V^i V_i = -1$). Długość tego wektora ($g_{ij} A^i A^j$) jest równa standardowemu przestrzennemu przyspieszeniu w chwilowo współporuszającym się układzie odniesienia danej cząsteczki²⁵. Jak stąd wynika teoria względności używa przyspieszenia zdefiniowanego dla danego ciała bez odwoływania się (*explicite* lub *implicite*) do innych ciał.

Teoria względności wprowadza absolutne pojęcie przyspieszenia z tego samego powodu, dla którego znalazło się ono w teorii Newtona. Jest to wspomniane niesymetryczne zachowanie obiektów poruszających się względem siebie, mające miejsce w niektórych przypadkach, np. w przypadku wirujących kul Einsteina. Teoria względności rozwiązuje ten

²³ Reichenbach (1924): *Theory of Motion According to Newton, Leibniz and Huygens* oraz (1957), § 34.

²⁴ $V^i_{||j} = \partial V^i / \partial x^j + \Gamma^i_{jk} V^k$, gdzie Γ^i_{jk} to współczynniki koneksji afinicznej. W bardziej konwencjonalnym zapisie $A^i = dV^i / d\tau$, gdzie τ jest czasem własnym.

²⁵ Por. np. Schutz 1995, s.60, Kopczyński, Trautman 1981, s.95.

problem - zwraca uwagę Friedman ((1983), s. 67) - wprowadzając na rozmaitości czasoprzestrzennej koneksję afiniczną i wyjaśniając fizyczne własności ruchu w terminach geometrycznych własności krzywych na rozmaitości. Koneksja afiniczna umożliwia podział wszystkich ruchów na dwie klasy; ruchy, których trajektorie w czasoprzestrzeni są liniami geodezyjnymi przy zadanej koneksji (ruchy inercjalne) oraz ruchy, których tory nie są liniami geodezyjnymi (ruchy nieinercjalne). Prawa ruchu w teorii względności mają w układzie inercyjnym podobną postać jak w teorii Newtona $F^i = m_0 d^2 x^i / d\tau^2$ (gdzie m_0 - masa spoczynkowa, τ - czas własny), przy czym w OTW równanie to obowiązuje tylko lokalnie. W układzie nieinercyjnym trzeba w równaniu tym uwzględnić dodatkowe pseudo-siły, takie jak siły bezwładności czy siły Coriolisa, a równanie ruchu uzyskuje postać:

$$F^i = m_0 [d^2 x^i / d\tau^2 + \Gamma^i_{jk} (dx^j / d\tau)(dx^k / d\tau)] \quad (2.8)$$

Wspomniane pseudo-siły zwarte są w drugim członie równania po prawej stronie. Równania ruchu w ten sposób zapisane dobrze opisują niesymetryczne zachowanie obiektów, np. wspomnianych wirujących kul Einsteina. Co więcej - warto zauważyć za Friedmanem (1983, s. 67, 224) - wprowadzone w tej teorii uprzywilejowane tory inercjalne mogą nie być, a jest to nawet wysoce nieprawdopodobne, żeby były, zajmowane przez ciała fizyczne, ponieważ jest mało prawdopodobne, aby na ciało fizyczne nie działały żadne siły zewnętrzne lub też działały siły dokładnie równoważące się wzajemnie. W tej sytuacji jedynym rozwiązaniem dla relacjonisty wydaje się być próba związania afinicznych własności czasoprzestrzeni z rozkładem materii we Wszechświecie. Strategia taka będzie omawiana później. Tu natomiast warto zwrócić uwagę jeszcze na pewną odmiennność, z którą mamy do czynienia w teorii względności w porównaniu z teorią Newtona. W teorii Newtona przestrzenne przyspieszenie miało tę samą wartość w każdym z układów inercjalnych. W teorii względności przestrzenna część czterowektora przyspieszenia zmienia się i jest różna w różnych układach odniesienia. Stała jest tylko długość czterowektora $(g_{ij} A^i A^j)$.

W teorii względności zachodzi jeszcze jedna istotna zmiana, która analizuje Earman (1989b, s. 98-102). Różnica ta dotyczy argumentu absolutysty o niemożności relacjonistycznego opisu asymetrii ruchu obrotowego. Podstawowym założeniem, jakie się przyjmuje w eksperymentach myślowych Newtona i Einsteina, jest sztywność obracającego się układu ciał (zachowanie kształtu układu). Na przykład w eksperymencie myślowym Newtona dwie kule połączone linką obracają się wokół wspólnego środka masy i to sztywność układu (brak spowodowanych ruchem zmian w położeniu wzajemnym części tego układu) ma uniemożliwić relacjonistyczny opis tego zjawiska. W teorii

względności tego typu sztywności nie da się wprowadzić, ponieważ obrót ciała sztywnego w klasycznym sensie prowadziłby do przekazywania sygnałów z szybkością większą od prędkości światła. Fakt ten osłabia siłę jednego z argumentów absolutysty. Earman zauważa jednak, że dla absolutysty zasadniczą sprawą jest tutaj to, że nie istnieje żadna relacjonistyczna teoria ruchu, która wyjaśniałaby obserwowalne efekty ruchu obrotowego poprzez względny ruch części ciała.

W obu pracach, poświęconych zjawisku ruchu (1989a, s.85, 1989b, s.102), Earman formułuje, powołując się na pracę Malamenta (1985), pewien argument, który ma pokazywać nawet coś więcej niż to, że ruch w teorii względności Einsteina jest absolutny. Ma on mianowicie pokazywać, że nie jest możliwa żadna relatywistyczna, relacjonistyczna teoria ruchu. Argument ten wygląda następująco. Earman przyjmuje najpierw, bez dowodu, że każda czasoprzestrzeń, która ma posiadać rozpoznawalną strukturę relatywistyczną, musi klasyfikować wszystkie wektory styczne do czasoprzestrzennej rozmaitości na trzy wzajemnie wykluczające się kategorie wektorów czasowych, przestrzennych i zerowych albo, w innym równoważnym ujęciu, musi posiadać strukturę stożka świetlnego albo też, w jeszcze innym ujęciu, równoważnym poprzednim, musi mieć określoną w zbiorze swoich punktów relację możliwej łączności przyczynowej²⁶. Jak odnotowuje Malament, struktura stożka świetlnego określa metrykę czasoprzestrzeni z dokładnością do konforemnej równoważności²⁷ a istnienie ruchu obrotowego jest konforemnie niezmiennicze. Wynika stąd, że jeżeli w relatywistycznej czasoprzestrzeni o określonej strukturze przyczynowej mamy ruch obrotowy ($\Omega \neq 0$) przy pewnej metryce g , to przy każdej innej g' , która jest zgodna z g na poziomie lokalnej struktury przyczynowej (należy do tej samej klasy równoważności konforemnej), ruch obrotowy również będzie niezerowy. Earman wyciąga stąd wniosek, że „w dowolnej czasoprzestrzeni, którą chcielibyśmy uważać za relatywistyczną, istnieje absolutne pojęcie ruchu obrotowego” (Earman 1989a, s. 85). Oznaczać ma to, że nie jest możliwa żadna relatywistyczna, relacjonistyczna teoria ruchu. W następstwie tego w fizyce relatywistycznej mamy znajdować się w sytuacji jakościowo odmiennej niż w przypadku

²⁶ Relacja możliwej łączności przyczynowej (*causal connectibility*) wprowadzona jest w następujący sposób: punkty $x, y \in M$ pozostają ze sobą w relacji możliwej łączności przyczynowej wtedy i tylko wtedy, gdy istnieje gładka krzywa przyczynowa (tzn. taka, że wektory styczne do niej ξ^i spełniają warunek $g_{ik} \xi^i \xi^k \geq 0$) łącząca x i y . Te trzy alternatywne możliwości wprowadzenia czasoprzestrzennej struktury relatywistycznej są sobie na gruncie OTW równoważne. Por. Malament 1985, s.619, Hawking, Ellis 1973, s.103. Przyczynową strukturę czasoprzestrzeni analizuje również Heller (1991).

²⁷ Malament 1985, s. 619. Dwie metryki g_{ab} i g'_{ab} są konforemnie równoważne (*conformal equivalent*), jeżeli istnieje gładkie odwzorowanie $\Phi: M \rightarrow R$ takie, że $g'_{ab} = \Phi^2 g_{ab}$.

fizyki nierelatywistycznej²⁸ - w ramach fizyki nierelatywistycznej nie da się bowiem dowieść nieistnienia relacjonistycznych teorii ruchu.

Pozostała do rozpatrzenia jeszcze jedna możliwa strategia relacjonisty. Możliwość tą daje relacjonistyczna interpretacja struktury afinicznej. Relacjonista może bowiem twierdzić, że co prawda ruch w OTW odnoszony jest do struktury afinicznej (inercjalnej), ale ta zdeterminowana jest jednoznacznie przez rozkład masy za pośrednictwem metryki, tzn. rozkład masy we Wszechświecie miałby jednoznacznie określać metrykę a ta już rzeczywiście jednoznacznie determinuje strukturę afiniczną²⁹. Strategia tego typu, o ile dałaby się zrealizować, byłaby realizacją zasady Macha. Co należy tutaj koniecznie podkreślić to to, że strategia taka odniosłaby sukces jedynie w wypadku, gdyby udało się udowodnić, że rozkład mas *jednoznacznie wyznacza* strukturę afiniczną a nie tylko *wpływa* na nią. W tym drugim bowiem przypadku strukturę ta wiązałybyśmy nadal z czasoprzestrzenią i ruchu nie można byłoby interpretować relacyjnie.

Sposób, w jaki Earman rozwiązuje ten problem, nie odbiega od standardów znanych z literatury³⁰. Earman podaje szereg argumentów przemawiających przeciwko tezie, że w teorii względności rozkład materii we Wszechświecie jednoznacznie wyznacza metrykę. Rozpatrzmy równania Einsteina pola grawitacyjnego z pewnymi warunkami początkowymi:

$$R_{ij} - (1/2) g_{ij} R = (8\pi G / c^4) T_{ij} \quad (2.9)$$

gdzie R_{ij} oznacza tensor Ricciego, R skalar krzywizny, G stałą grawitacji a c prędkość światła.

Aby rozwiązanie było jednoznaczne warunki początkowe nie mogą być określone tylko przez podanie początkowego rozkładu energii - masy. Musi być również podana wewnętrzna, przestrzenna geometria hiperpowierzchni, na której zadany jest ten rozkład, oraz jej zewnętrznej krzywizna, określającej w jaki sposób hiperpowierzchnia ta zanurzona jest w czasoprzestrzeni. Obie te rzeczy zakładają znajomość metryki na hiperpowierzchni warunków początkowych. Ogólnie, jeżeli rozpatrujemy równania Einsteina (2.9), to rolę źródła geometrii czasoprzestrzeni spełnia w nim tensor energii-pędu T_{ij} . Nie można jednak powiedzieć, że rozkład tensora energii-pędu determinuje metrykę (i tym samym strukturę inercjalną), ponieważ metryka jest już potrzebna do określenia tego tensora. Np. w najprostszym modelu

²⁸ Earman 1989b, s. 102, 108; 1989a, s. 85.

²⁹ Por. np. Koczyński, Trautman 1981, s. 152.

³⁰ Earman 1989a, s. 86, 1989b, s. 106-107. Por. również Friedman 1983, s. 68-69.

kosmologicznym, w którym materię kosmiczną traktuje się jako pył, ma on postać $T^{ij} = \rho u^i u^j$, gdzie ρ jest gęstością masy a u^i polem wektorów stycznych do linii świata materii. Możemy wówczas powiedzieć o dwóch modelach z różnymi tensorami energii-pędu $T^{ij} = \rho u^i u^j$ i $T'^{ij} = \rho' u'^i u'^j$, że - powiedzmy - pierwszy reprezentuje Wszechświat z większą ilością energii-pędu niż drugi, o ile $\rho > \rho'$, ale tylko wtedy, jeżeli założymy, że u^i i u'^i są tak samo unormowane, co zakłada znajomość metryki.

Kolejną przeszkodę dla zwolennika machowskiej interpretacji OTW, na którą wskazuje Earman (1989a, s. 86; 1989b, s. 106-107), stanowi istnienie rozwiązań de Sittera dla pustej czasoprzestrzeni ($T_{ij} = 0$), innych niż standardowa płaska czasoprzestrzeń. Istnienie takich rozwiązań stwarza dla relacjonisty problemy dwojakiego rodzaju. Po pierwsze, pokazują one, że rozwiązania równań pola OTW przy zadanym tensorze T_{ij} nie są jednoznaczne. Po drugie, trudno jest mówić, że w omawianych rozwiązaniach lokalna struktura inercjalna wyznaczona jest przez rozkład materii we Wszechświecie, skoro z założenia jest to świat pusty. Relacjonista musiałby zapewne odrzucić puste rozwiązania równań pola jako нефизyczne, ale takie odrzucenie części rozwiązań można pogodzić z wiarą w teorię Einsteina tylko wtedy, gdyby towarzyszyło mu wykazanie, że

1) równania Einsteina można tak zmodyfikować, aby zachować przewidywania dla $T_{ij} \neq 0$ a wykluczyć rozwiązania inne niż płaskie w przypadku $T_{ij} = 0$.

2) w granicy, gdy $T_{ij} = 0$, rozwiązania równań Einsteina degenerują się lub przechodzą w standardową płaską czasoprzestrzeń.

Jak pisze Earman, ani (1) ani (2) nie zostało przeprowadzone, a co więcej (2) wydaje się nieprawdopodobne, gdy weźmie się pod uwagę promieniowanie grawitacyjne.

Warto tu jeszcze na koniec dodać argument Friedmana (1983, s. 68-69). Otóż zgodnie z OTW świat, który zawierałby tylko dwa obracające się względem siebie obiekty, takie jak obracające się kule Einsteina, nadal posiadałby strukturę afiniczną i w takim świecie byłoby możliwe, że tylko jeden z tych obiektów doświadczałby działania sił bezwładności - ten, którego linie świata nie byłyby liniami geodezyjnymi przy zadanej koneksji.

Reasumując, earmanowskie rozwiązanie sporu pomiędzy relacjonistyczną i absolutystyczną koncepcją ruchu jest następujące. W ramach fizyki klasycznej (nierelatywistycznej) nie da się dowieść, że tylko jedna z tych koncepcji jest słuszna. Nie mniej „empiryczna adekwatność faworyzuje tą ostatnią”(1989b, s.108). Określenia „faworyzuje” użył Earman tutaj nieprzypadkowo; nie ma bowiem żadnego rozstrzygającego

argumentu na rzecz tezy, że klasyczna teoria ruchu musi używać absolutnych wielkości ruchu. W ramach fizyki relatywistycznej mamy znajdować się w sytuacji zgoła odmiennej; „idea czasoprzestrzeni w wydaniu relatywistycznym jest nie do pogodzenia z w pełni rozwiniętą, relacjonistyczną koncepcją ruchu” (Earman 1989b, s.102).

7. Spór o naturę ruchu a ontologiczny spór substancjalizm - relacjonizm .

Earman dużo uwagi poświęca wzajemnym związkom pomiędzy sporem o naturę ruchu i ontologicznym sporem relacjonizm - substancjalizm. Związki te są o tyle istotne, że przedstawione wyżej rozwiązanie sporu o naturę ruchu w duchu absolutyzmu może dostarczać istotnych argumentów na rzecz któregoś ze stanowisk w sporze ontologicznym. Earman analizuje dwa typy związków logicznych, mających zachodzić pomiędzy omawianymi problemami - jeden dostrzeżony dość niedawno³¹ a drugi przyjmowany tradycyjnie.

Pierwszy ze wspomnianych związków zachodzi na gruncie fizyki klasycznej, o ile założymy *determinizm Laplace’a w najsłabszej postaci*, w której to postaci mówi, że stan danego układu w przeszłości ($t \leq t_0$) określa jednoznacznie stan tego układu w przyszłości. Mocniejsze formy tego determinizmu zakładałyby zmniejszenie obszaru determinującego, np. do $t_1 \leq t \leq t_2$ lub do przekroju czasowego dla pewnej chwili $t=t_0$. Otóż, jeżeli założymy, że ruch cząsteczek jest deterministyczny (we wspomnianej najsłabszej wersji) i jeżeli traktujemy czasoprzestrzeń jako substancję, wówczas struktura czasoprzestrzeni musi być co najmniej tak bogata, jaką posiada czasoprzestrzeń newtonowska. Tym samym ruch musi być absolutny a relacjonistyczna koncepcja ruchu okazałaby się błędna.

Dowód (Earman 1989b, s. 55) wygląda następująco. Rozważmy, przy przyjętych wcześniej założeniach (determinizm i substancjalizm), klasyczną czasoprzestrzeń o strukturze słabszej niż newtonowska. Dla dowolnej takiej czasoprzestrzeni symetrie (Mach), (Leib), (Max) lub jeszcze słabsze dopuszczają odwzorowania symetrii Φ takie, że $\Phi = id$ dla $t \leq t_0$ ale $\Phi \neq id$ dla $t > t_0$. Na mocy zasady symetrii (SP2) Φ musi być dynamiczną symetrią teorii ruchu, co oznacza, że dla dowolnego dynamicznie możliwego modelu M, M_Φ jest również dynamicznie możliwy. Otrzymujemy w ten sposób dwa dynamicznie możliwe modele takie,

³¹ Stein, H. (1977): „Some Pre-History of General Relativity” w *Foundation of Space-Time Theories*, red. J. Earman, J. Stachel, G. Glymour, Minnesota Studies in the Philosophy of Science, vol. 8, Minneapolis, University of Minnesota Press.

że linie świata cząsteczek są takie same dla $t \leq t_0$ ale różnią się dla $t > t_0$, czyli złamanie zasady determinizmu.

Ponieważ teza substancjalizmu (SUB) jest jednocześnie negacją ontologicznej tezy relacjonizmu (REL1), wspomniany związek daje się zapisać w postaci:

$$DETERM \Rightarrow (\sim REL1 \Rightarrow \sim REL) \quad (2.10)$$

lub też w postaci równoważnej:

$$DETERM \Rightarrow (REL \Rightarrow REL1) \quad (2.11)$$

gdzie (DETERM) oznacza wspomnianą wyżej tezę determinizmu Laplace'a w najsłabszej postaci. Jak zauważa Earman, obydwie te równoważne związki mogą być zaakceptowane zarówno przez substancjalistę jak i relacjonistę, o ile oczywiście akceptują determinizm. Substancjalista będzie bowiem twierdził powołując się na (2.10), że substancjalizm pociąga za sobą absolutność ruchu (ze względu na zachodzenie związku $SUB \equiv \sim REL1$), relacjonista zaś, powołując się na (2.11), że warunkiem koniecznym relacyjności ruchu jest relacjonizm ontologiczny. Warto tu jeszcze dodać, że rozwiązanie sporu o naturę ruchu w duchu absolutyzmu - czyli uznanie ($\sim REL$) - i założenie obowiązywania (2.10) nie przesądzają sporu ontologicznego, bowiem na mocy (2.10) absolutność ruchu ($\sim REL$) jest co prawda warunkiem koniecznym dla substancjalności czasoprzestrzeni (SUB), ale nie jest warunkiem wystarczającym.

Tradycyjnie przyjmuje się, że pomiędzy sporem o naturę ruchu i ontologicznym sporem relacjonizm - substancjalizm zachodzi inny związek logiczny:

$$REL1 \Rightarrow REL \quad (2.12)$$

lub też alternatywny związek, równoważny logicznie:

$$\sim REL \Rightarrow \sim REL1 \quad (2.13)$$

Earman podaje następujące dość proste i przyjmowane tradycyjnie uzasadnienie dla (2.13); „jeżeli ruch jest absolutny raczej niż relacyjny, to musi odbywać się względem substancjalnej przestrzeni” (1989b, s. 111). Przedstawione powyżej rozstrzygnięcie sporu o naturę ruchu na korzyść absolutyzmu ($\sim REL$) prowadziłyby, w przypadku uznania (2.13), przez *modus ponens* do tezy o substancjalności czasoprzestrzeni (SUB).

Przeciwko inferencji tego typu wystąpił Sklar (1976, s. 229-232). Pomysł Sklara polega na tym, aby zaakceptować absolutność ruchu ($\sim REL$) przy jednoczesnym negowaniu substancjalności czasoprzestrzeni ($\sim SUB$). Można sensownie takie stanowisko utrzymywać, twierdzi Sklar, o ile uzna się absolutne przyspieszenie za pierwotną, monadyczną własność cząsteczek. Standardowo przyjmuje się, że przyspieszenie jest zawsze wielkością odniesioną

do czegoś, np. do innych cząsteczek, do gwiazd stałych lub też do układów inercjalnych. Propozycja Sklara zmierza do tego, aby uznać wyrażenia typu „A jest absolutnie przyspieszone” za wyrażenie kompletne, tak jak np. „A jest czerwone”. Sklar tej - co trzeba przyznać - oryginalnej propozycji nie uzasadnia przyznając wprost, że w ramach jego koncepcji nie da się wyjaśnić tego, iż siły bezwładności występują w niektórych tylko przypadkach.

Propozycja Sklara spotkała się z różnym przyjęciem. Np. Hoefler i Ray (1992, s. 575, 579) traktują ją jako czysto spekulatywną, a Teller (1991, s. 370) krytykuje ją jako hipotezę *ad hoc*. Akceptują propozycję Sklara Friedman oraz, pod pewnymi warunkami, Earman. W odróżnieniu od Sklara Friedman (1983, s. 232-236) przypisuje absolutne przyspieszenie w postaci pierwotnej, monadycznej własności nie ciałom materialnym, tylko konkretnym torom ciał fizycznych. Jednakże, na co zwraca uwagę Earman (1989b, s.163-166), Friedman nie zaproponował żadnych alternatywnych teorii, wykraczających poza instrumentalistyczne wykorzystanie już istniejących, dla używanych obecnie teorii ruchu.

Znacznie bardziej wyrafinowaną interpretację idei Sklara proponuje Earman (1989b, s.126-128, 154, 214). Earman uważa, że w tej postaci, w jakiej idea ta została przedstawiona przez Sklara, jest ona tylko „sprytnym kuglarskim trikiem” (1989b, s. 214, p.10), z drugiej jednak strony uważa, że pomysł Sklara można rozwinąć w taki sposób, aby stał się możliwy do zaakceptowania. Earman proponuje mianowicie tzw. manewr reprezentacjonistyczny³². Manewr ten ma dla Earmana kluczowe znaczenie dlatego, że może doprowadzić do pogodzenia absolutystycznej koncepcji ruchu (~REL) z negacją substancjalizmu (~SUB), co będzie Earmanowi potrzebne wtedy, gdy przystąpi do konstrukcji własnego stanowiska, które ma stanowić *tertium quid* pomiędzy relacjonizmem i substancjalizmem (stanowisko to będzie omówione w rozdziale IV).

Earmanowski manewr reprezentacjonistyczny polega ma na tym, aby uznać, że rzeczywistość fizyczna jest u swych podstaw relacjonistyczna, tzn. jest opisana przez relacjonistyczne teorie fizyczne, a substancjalistyczne opisy tej rzeczywistości, proponowane przez teorie, których używamy obecnie, przypisane są rzeczywistości fizycznej przez relację, która wiąże jedną określoną, relacjonistyczną rzeczywistość z wieloma możliwymi, równoważnymi opisami substancjalistycznymi. Substancjalistyczne opisy rzeczywistości byłyby w tej koncepcji jedynie pewnymi reprezentacjami prawdziwej, relacjonistycznej rzeczywistości. Np. znany argument Leibniza przeciwko substancjalizmowi można

³² Earman 1989b, s. 120, 127-128, 170-171.

interpretować w tym duchu mówiąc, że ten sam układ ciał, stanowiący pewną określoną rzeczywistość fizyczną dla relacjonisty, substancjalista może opisywać na wiele różnych sposobów po wprowadzeniu fikcyjnej (według relacjonisty) czasoprzestrzeni w wyniku „przesuwania” lub „obracania” tego układu względem „czasoprzestrzeni” (cudzysłowy ilustrują tu sposób myślenia relacjonisty).

W odniesieniu do ruchu manewr reprezentacjonistyczny Earmana polega na potraktowaniu absolutnego przyspieszenia, występującego w istniejących absolutystycznych teoriach ruchu, np. absolutnego przyspieszenia z czasoprzestrzeni Galileusza, jako reprezentacji absolutnego, pierwotnego przyspieszenia Sklara. Relacjonista nie może wprost stosować istniejących teorii ruchu (newtonowskiej czy relatywistycznej), ponieważ teorie te substancjalizują czasoprzestrzeń, odwołując się do nie dającej się zredukować do rozkładu mas struktury inercjalnej czasoprzestrzeni. Może się natomiast starać stworzyć teorię ruchu z absolutnym przyspieszeniem jako pierwotną, monadyczną własnością cząstek. Teoria taka powinna zawierać, według Earmana (1989b, s. 128), pewne zasady ruchu, które byłyby analogiami absolutystycznych praw ruchu (np. newtonowskich) i które powinny pozwalać na wyjaśnianie i przewidywanie ruchów cząstek a jednocześnie nie powinny zawierać zobowiązań ontologicznych w stosunku do punktów czasoprzestrzeni. Analogie z absolutystycznymi prawami ruchu muszą być wystarczająco bliskie, aby można było zobaczyć, że reprezentacjami pewnego modelu tej nowej teorii są elementy pewnej ściśle określonej klasy równoważnych modeli absolutystycznej teorii ruchu. Earman uważa, że gdyby udało się stworzyć teorię spełniającą powyższe warunki, wówczas fakt istnienia i stosowania absolutystycznych teorii ruchu nie pociągałby za sobą substancjalizowania czasoprzestrzeni.

Po przedstawieniu powyższego projektu manewru reprezentacjonistycznego dla problemu ruchu Earman zapowiada (1989b, s.128) częściową realizację tego projektu w końcowej części swojej pracy. Niestety w końcowych rozdziałach wspomnianej pracy trudno jest znaleźć częściową choćby realizację owego projektu. Rozwijany jest tam tylko manewr reprezentacjonistyczny dla OTW a problem znalezienia praw ruchu, z wykorzystaniem absolutnego przyspieszenia jako pierwotnej, monadycznej własności cząstek, w ogóle nie jest poruszany. Jeśli nawet przyjąć, tak jak to robi na przykład Trautman³³, że w równaniach pola OTW zawarte są równania ruchu źródeł pola, to sytuacji to nie zmienia, gdyż ruch w standardowej wersji teorii względności jest ruchem absolutnym. Sam zaś earmanowski

³³ Kopczyński, Trautman 1981, s. 15-16. Por. również Infeld, Plebański 1960. Earman tego problemu w swoich pracach poświęconych problemowi ruchu nie rozważa.

manewr reprezentacyjny w odniesieniu do OTW jest tylko pewnym programem, który nie wyszedł poza stadium projektu³⁴.

³⁴ Koncepcja ta przedstawiona zostanie w rozdz. IV. Por. również Gołosz 1997, 1999, 2000.

III. GŁÓWNE ARGUMENTY W SPORZE SUBSTANCJALIZM - RELACJONIZM ANALIZOWANE PRZEZ EARMANA

Pierwszy z argumentów wysuwanych w sporze substancjalizm - relacjonizm i rozważanych przez Earmana - argument z natury ruchu - analizowany był w poprzednim rozdziale. Można bez zastrzeżeń zgodzić się z Earmanem, że w sporze o naturę ruchu zwycięża absolutyzm. Jeżeli zgodzimy się dodatkowo na to, że absolutność ruchu pociąga za sobą substancjalność czasoprzestrzeni ((2.14) lub, jak chciał Earman, (2.13)), to natychmiast przez *modus ponens* dochodzimy do tezy o substancjalności czasoprzestrzeni. Earman co prawda starał się wspomniany związek pomiędzy sporem o naturę ruchu i ontologicznym sporem substancjalizm - relacjonizm unieważnić przez reprezentacjonistyczną wersję manewru Sklara ale, jak starałem się pokazać pod koniec poprzedniego rozdziału, zrobił to nieskutecznie.

W tym rozdziale chciałbym rozpatrzeć pozostałe argumenty padające w sporze ontologicznym i rozważane przez Earmana (...).

1. Argument Leibniza

W swoim trzecim liście do Clarke'a Leibniz wysuwa następujący argument przeciwko substancjalności czasoprzestrzeni (1969, s. 336 - 337):

Otóż powiadam, że gdyby przestrzeń była bytem absolutnym, to zachodziłoby coś, czego racji dostatecznej niepodobna podać, co jest więc wbrew naszemu pewnikowi. A oto dowód. Przestrzeń jest czymś absolutnie jednorodnym i gdy brak rzeczy w niej umieszczonych, jeden punkt nie różni się niczym od punktu drugiego. Otóż przy założeniu, że przestrzeń sama w sobie jest czymś odmiennym od porządku, w jakim pozostają ciała względem siebie, okazuje się, że niemożliwe jest aby istniała racja, dla jakiej Bóg zachowując te same położenia względem siebie umieścił je w przestrzeni właśnie tak a nie inaczej, i dla jakiej nie ułożył wszystkiego na opak zastępując (na przykład) zachód wschodem. Jeśli jednak przestrzeń nie jest niczym innym, jak tym porządkiem czy związkiem, i bez ciał jest niczym innym tylko możliwością ich umieszczenia w niej, to oba te stany - jeden taki, jaki jest, drugi zaś z założenia odwrotny - nie różniłyby się zgoła między sobą, różnica ich tkwi bowiem jedynie w naszym urojonym założeniu o rzeczywistości przestrzeni samej w sobie, ale naprawdę jeden będzie akurat tym samym, co drugi, skoro oba są absolutnie nierozróżnialne; a zatem nie ma potrzeby pytać o rację pierwszeństwa jednego z nich przed drugim.

Argument ten, jak zauważa Earman (1989b, s. 116), nie jest całkiem oryginalny. Wcześniej, w swojej drugiej odpowiedzi Clarke sformułował podobną myśl:

Na przykład: dlaczego dany system materii miałby zostać stworzony w danym miejscu, inny zaś w innym miejscu, podczas gdy *vice versa* dałoby to ten sam skutek, albowiem wszelkie miejsce jest zupełnie obojętne dla każdej materii, zakładając, że oba systemy materialne (lub ich cząsteczki) są podobne. Przyczyna może być tylko jedna, a mianowicie prosta wola Boża. (Leibniz, G. W. 1969, s. 331)

Analizując argument Leibniza Earman (1989b, rozdz. 6) zwraca uwagę na dwie istotne rzeczy. Po pierwsze, operacja „zastępowania zachodu wschodem” może być

interpretowana dwojako; albo jako obrót o 180° bądź jako odbicie zwierciadlane. Z kontekstu nie wynika jednoznacznie, o którą z tych operacji Leibnizowi chodzi. Ponieważ jednak dyskretną operację odbicia zwierciadlanego Earman analizuje w kontekście argumentu Kanta, który będę omawiał w następnym paragrafie, tu zdecydował się na interpretację argumentu Leibniza w terminach transformacji ciągłej, takiej jak obrót czy też translacja. Jeżeli przyjąć, że „przestrzeń jest czymś absolutnie jednorodnym” i że jest „bytem absolutnym” (substancjalnym), to obracając świat materialny lub też przesuwając go względem substancjalnej przestrzeni możemy w sposób nieograniczony mnożyć możliwe światy, które nie są od siebie odróżnialne fizycznie.

Po drugie, argument Leibniza ma swoje dwie wersje, z których pierwsza wykorzystuje zasadę racji dostatecznej (ZRD) („niemożliwe jest, aby istniała racja dla której Bóg zachowując te same położenia ciał względem siebie, umieścił je w przestrzeni tak a nie inaczej”), druga zaś zasadę identyczności przedmiotów nierozróżnialnych (ZIdN) („oba te stany - jeden taki, jaki jest, drugi z założenia odwrotny - nie różniłyby się zgoła między sobą, [...] jeden będzie akurat tym samym, co drugi, skoro oba są absolutnie nierozróżnialne”).

Chociaż zasadniczym celem Leibniza jest wykazanie, że substancjalizm jest niezgodny z ZRD i ZIdN, to jego argument można rozwinąć, jak zauważa Earman (1989b, s. 120), w duchu „ekumenizmu i pojednania”, zgodnym z ogólną postawą Leibniza. Relacjonista może mianowicie zastosować wspomniany już w poprzednim rozdziale manewr reprezentacjonistyczny i stwierdzić, że rzeczywistość jest u swych podstaw relacjonistyczna a substancjalista dostarcza tylko różnych jej opisów. „Pojednawczy” charakter takiej interpretacji argumentu Leibniza polegałby na tym, że nie przypisuje się tu substancjaliście fałszowania rzeczywistości a jedynie niezauważanie faktu, iż „obrazy” rzeczywistości, których dostarczają jego substancjalistyczne teorie, nie odzwierciedlają rzeczywistości w stosunku jeden do jeden, odzwierciedlają ją natomiast w ten sposób, że wielu różnym substancjalistycznym opisom odpowiada dokładnie jedna i ta sama relacjonistyczna rzeczywistość.

Jeżeli chodzi o drugą wersję argumentu Leibniza, wykorzystującą ZIdN, to - jak pisze Earman (1989b, s. 118-119) - nie może mieć ona standardowej postaci, w jakiej występuje w logice 2-ego rzędu:

$$(P) [P(a) \Leftrightarrow P(b) \Rightarrow a=b] \quad (3.1)$$

gdyż jest w tej formie nieefektywna. Substancjalista może się bowiem łatwo obronić mówiąc, że zwielokrotnione przez obrót, bądź przez translację, możliwe światy różnią się właśnie własnością czasoprzestrzennej lokalizacji obiektów. Co więcej substancjalista może

przedstawić poważne racje przemawiające za włączeniem do zakresu kwantyfikatora (P) własności czasoprzestrzennej lokalizacji; newtonowska dynamika odwołuje się przecież do czasoprzestrzeni i jej struktury inercjalnej. Wydaje się, że w tej sytuacji jedynej możliwości ograniczenia zakresu kwantyfikatora (P) dostarczyć może zwolennikowi argumentu Leibniza odwołanie się do czegoś na kształt pozytywistycznego, weryfikacjonistycznego kryterium sensowności; „różnica, aby być różnicą rzeczywistą, musi być weryfikowalna” (Earman 1989b, s. 119). Jak jednak zauważa Earman (1989b, s. 123), „w epoce postpozytywistycznej nie jest niczym nieuczciwym odrzucić weryfikacjonizm, w ten sposób nie sprawiłoby żadnych problemów utrzymywanie, że istnieją ontologicznie różne ale epistemologicznie nieodróżnialne światy lub sytuacje”.

Earman (1989b, s. 124) wykorzystuje również do odparcia argumentacji Leibniza w jej obu wersjach interesujący kontrargument sformułowany przez Horwicha³⁵. Ma on następującą postać. Załóżmy, że mamy dwie identyczne cząsteczki A i B , np. elektrony, wyposażone we własności (odpowiednio) C_A i C_B . Wyobraźmy sobie teraz inny możliwy świat, nieodróżnialny od naszego, w którym cząsteczki zamienią się własnościami oraz swoimi czasoprzestrzennymi lokalizacjami, w wyniku czego cząsteczka A będzie miała własności C_B a cząsteczka B - C_A . Argumentacja Leibniza w obu wersjach prowadziłaby w takim przypadku do wniosku, twierdzi Earman, że cząsteczki takie, np. elektrony, nie istnieją. Zatem przyjęcie takiej argumentacji doprowadziłoby nas do „trudnej do przyjęcia, zubożonej ontologii, eliminującej większość z tego, w czego istnienie każe nam wierzyć fizyka” (Horwich 1978, s. 409).

Przedstawiona powyżej argumentacja Horwicha i Earmana, chociaż jest filozoficzne bardzo ciekawa, wzbudza pewne zastrzeżenia. Przyjęcie, lub odrzucenie jej, zależy od tego co zechcemy włączyć do zbioru własności, o których jest mowa w ZIdN. Jeżeli do zbioru tego zechcemy włączyć wyłącznie własności jakościowe, argumentacja ta przestaje działać przeciwko argumentowi Leibniza w obu wersjach z tego prostego powodu, iż oba rozważane światy jako nieodróżnialne byłyby dla Leibniza identyczne (tożsame numerycznie). Sytuacja wygląda zgoła inaczej, jeżeli do zbioru własności zechcemy włączyć niejakościowe własności, które według zwolenników ich istnienia określane są jako ‘te, które decydują o tym, że dana rzecz jest tym właśnie, czym jest’³⁶, czyli takie, których dana rzecz nie dzieli z innymi. W takim przypadku oba wspomniane światy, w których cząsteczki zamieniły się

³⁵ Horwich (1978, s. 409) kieruje swój argument przeciwko ZIdN.

³⁶ Własności te określane są w literaturze anglosaskiej terminem „thisness” i przeciwstawiane są czysto jakościowym własnościom określanym terminem „suchness”. *Thisness* jest odpowiednikiem tradycyjnego terminu *haecceitas*, wprowadzonego przez Dunska Szkota. Por. Adams 1979.

własnościami i lokalizacjami, nie są już tożsame numerycznie i kontrargument Horwicha i Earmana zaczyna działać przeciwko obu wersjom argumentacji Leibniza.

Powyższa analiza wskazuje prostą możliwość obrony przed argumentacją Leibniza - włączenie do zbioru własności tych, które są niejakościowe a które mają decydować o tym, że dana rzecz jest tym, czym jest. Z kolei zwolennik ZRD i ZIdN może się bronić przed zarzutem zubożania swojej ontologii odrzucając istnienie takich własności.

Earman przytacza również inne racje przeciwko argumentowi Leibniza w wersji wykorzystującej ZRD, zinterpretowaną teologicznie. Ta wersja argumentu Leibniza dopuszcza bowiem dwie interpretacje (Earman 1989b, s. 118); kauzalną, w której ZRD stwierdza, że każde zdarzenie ma swoją przyczynę bądź też, że obecny stan wszechświata jednoznacznie determinuje przyszłe stany, oraz teologiczną, w której ZRD stwierdza, że musi istnieć jakaś racja, która uzasadniałaby to, że Bóg urzeczywistnił taki właśnie świat a nie inny, obrócony lub przesunięty względem substancjalnej przestrzeni. Ponieważ jednak kauzalną wersją ZRD Earman zajmuje się przy innej okazji³⁷ a z drugiej strony Leibniz zdaje się eksponować teologiczną wersję swojej argumentacji, Earman skupia się w tym miejscu na tej właśnie teologicznej wersji. Odeprzec tą wersję argumentu Leibniza może, zdaniem Earmana, zwolennik substancjalizmu w dwojaki sposób. Może on, po pierwsze, przyjąć koncepcję Lewisa (1986) światów możliwych. Jeżeli przyjąć *realizm modalny* Lewisa, zgodnie z którym nasz świat jest tylko jednym z wielu istniejących równolegle możliwych światów, w których urzeczywistnione są wszystkie możliwości, kłopot z teologiczną wersją argumentu Leibniza natychmiast znika. Przeciwnik realizmu modalnego Lewisa może się jeszcze odwołać do teologicznych rozważań Clarke'a, przyznających Bogu prawo wyboru spośród rzeczy, które nam wydają się równie dobre:

Jeśli jednak dwa sposoby działania są równie i jednakowo dobre [...], wówczas utrzymywać w takim przypadku, że Bóg w ogóle nie może działać bądź że nie ma w nim doskonałości, która umożliwi mu działanie, ponieważ nie może on mieć żadnej zewnętrznej racji pobudzającej go do tego, a nie do innego działania, wydaje się przeczyć temu, jakoby Bóg miał sam w sobie zasadę pierwotną czy też moc rozpoczęcia działania i że aby działać, musi z konieczności (jak gdyby automatycznie) być stale określany przez rzeczy zewnętrzne. (Leibniz 1969, s. 343-344)

Reasumując, earmanowska ocena argumentacji Leibniza jest następująca (Earman 1989b, s. 125, 136); doceniając pewną „siłę pociągającą” tej argumentacji nie uznaje jej jednak za wystarczająco dobrą, aby osiągnęła to, co było jej celem, czyli odrzucenie substancjalizmu. Największa wartość argumentacji Leibniza leży dla Earmana w tym, że

³⁷ Kauzalną wersję argumentacji Leibniza wykorzystującą ZRD Earman rozwija w argument dziury, który jest współczesną wersją argumentu Leibniza. Argument dziury przedstawię w 4-tej części tego rozdziału.

można ją rozwinąć przyjmując dalsze założenia w tzw. argument dziury, który jest „dużo bardziej interesujący, jeśli nie w pełni przekonujący” (Earman 1989b, s. 125).

Earmanowska analiza argumentacji Leibniza wydaje się być trafna. Jedyne, co wzbudza wątpliwości w tej analizie, to twierdzenie Earmana, że argument Leibniza, skierowany pierwotnie przeciwko substancjalizmowi, jest równie skuteczny (lub nieskuteczny) w przypadku atrybutywizmu. Earman poświęca tej sprawie zaledwie jeden akapit (1989b, s. 120), ta sytuacja zresztą powtórzy się potem w przypadku argumentu dziury, o którym Earman też będzie twierdził (jeden akapit na s. 180), że jest równie skuteczny w przypadku atrybutywizmu. We wspomnianym akapicie (s. 120) Earman stwierdza: „wymiana ontologii punktów przestrzeni na ideologię nieredukowalnych własności przestrzennej lokalizacji ciał prowadzi do analogicznego zwielokrotnienia możliwych światów, co ściiera się z teologiczną wersją ZRD oraz weryfikacjonistyczną wersją ZIdN”. Być może to właśnie fakt, że Earman tak niewiele uwagi poświęcił atrybutywizmowi sprawił, iż nie zauważył on tak istotnej rzeczy, że wówczas, gdy nie ma przestrzeni (lub czasoprzestrzeni) substancjalnej, nie ma względem czego przesunąć (lub obracać) świata materialnego i nie może być wówczas mowy o zwielokrotnianiu możliwych światów. Ujmując ten sam problem trochę inaczej, jeżeli punkty przestrzeni (czasoprzestrzeni) są tylko własnościami przestrzennej (czasoprzestrzennej) lokalizacji ciał, to nie można leibnizowskim operacjom przesunięcia, obrotu lub odbicia przestrzennego nadać żadnego zrozumiałego sensu. Jakkolwiek atrybutywizm nie jest stanowiskiem, które, moim zdaniem, daje się utrzymać (argumentację przedstawię w rozdz. 3, § 4.3.2), to należy stwierdzić, że argumentacja Leibniza jest w przypadku tego stanowiska całkowicie nieskuteczna. Dotyczyło to będzie w równym stopniu argumentu dziury.

2. Argument Kanta

Swój argument przeciwko leibnizowskiej, relacjonistycznej koncepcji przestrzeni Kant sformułował w 1768 r. (Kant 1768), jeszcze w okresie przedkrytycznym. W argumencie tym wykorzystuje on niezgodność kopii, powstających przy odbiciu zwierciadlanym przedmiotów tego typu jak ludzka ręka. Kopie takie nazywane są przez Kanta *niezgodnymi odpowiednikami* (*inkongruente Gegenstücke*)³⁸.

Argument Kanta (1768, s. 399) w rekonstrukcji Earmana (1989b, s. 137, 138) składa się z dwóch tez:

K1 Jeżeli wyobrazimy sobie, że pierwszą stworzoną rzeczą jest ludzka ręka, wówczas musi to być koniecznie albo prawa albo lewa ręka.

Wynikać ma stąd, zdaniem Kanta, że relacjonistyczna teoria jest nieadekwatna, gdyż

K2 Według relacjonistycznej teorii pierwszą stworzoną rzeczą nie mogłaby być ani prawa ani lewa ręka ponieważ relacje wzajemne i położenie części ręki względem siebie są dokładnie takie same w przypadku prawej i lewej ręki, które są swoimi dokładnymi zwierciadlanymi odbiciami.

Adekwatną teorią ma być, według Kanta, teoria substancjalistyczna, ponieważ zapewniać ma ona możliwość rozróżnienia pomiędzy prawym i lewym. Stwierdzona przez Kanta nieadekwatność teorii relacjonistycznej i adekwatność teorii substancjalistycznej świadczyć mają, jego zdaniem, o realności substancjalnej przestrzeni.

Relacjonista broniąc się może zaatakować (K1) lub (K2). Earman rozpatruje obie te możliwości po kolei. Relacjonistyczna krytyka (K1), według Earmana (1989b, s. 138, 145, 146), sprowadza się do zauważenia, że to, czy ręka jest prawa czy lewa, zależy od wzajemnych relacji tej ręki i pewnego ciała (układu) odniesienia, które samo jest asymetryczne. Jeżeli nie ma stosownego ciała odniesienia sama pojedyncza ręka nie jest ani prawa, ani lewa. Jeżeli ciało takie jest wprowadzone, relacjonista chętnie się zgodzi, że danej

³⁸ Kant 1768, s. 198. W wydaniu angielskim („Concerning the Ultimate Foundation of the Differentiation of Regions in Space”, w *Kant: Selected Pre-Critical Writings*, red. i tłum. na jęz. angielski G. B. Kerferd i D. E. Walford, New York, Barnes and Noble, 1968), z którego korzystał Earman, termin „inkongruentes Gegenstück” przetłumaczony jest jako „incongruent counterpart”. Kant wykorzystał niezgodne odpowiedniki po 1768 r. jeszcze trzykrotnie, ale już w innym celu; w 1770r. (*De mundi sensibilis atque intelligibilis forma et principiis*) w dowodzie, że nasza wiedza o przestrzeni jest intuicyjna, oraz w 1783 r. (*Prolegomena*) i w 1786 r. (*Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*) w argumentacji za transcendentnym idealizmem. Por. Earman 1989b, s. 137.

ręce można przypisać to, że jest prawa lub lewa, ale będzie to wynikiem zaistnienia pewnych wzajemnych relacji tej ręki i wspomnianego ciała odniesienia.

Przedstawione przez Earmana zastrzeżenia relacjonisty przeciwko (K2) są następujące. Załóżmy, że relacje pomiędzy częściami ręki ograniczone są tylko do relacji pozostawania w pewnej odległości od siebie, relacji współliniowości i relacji tworzenia pewnego kąta. W takim przypadku relacje, w jakich pozostają części danej ręki względem siebie, są rzeczywiście dokładnie takie same dla prawej i lewej ręki, które są swoimi zwierciadlanymi odbiciami. Ale, jak zwraca uwagę Earman, sytuacja substancjalisty w tymże przypadku nie jest bynajmniej wcale lepsza, gdyż dokładnie to samo dotyczy relacji zachodzących pomiędzy punktami przestrzeni, zajmowanymi przez punkty materialne należące do danej ręki. Mogłoby się wydawać, że substancjalista może rozróżnić pomiędzy prawym i lewym rozszerzając listę relacji, zachodzących pomiędzy punktami przestrzeni. Earman zauważa jednak, że relacjonista może w podobny sposób wzbogacić listę relacji zachodzących pomiędzy częściami (lub punktami materialnymi) ręki osiągając ten sam efekt.

Earman pokazuje również ogólnie (1989b, s. 140), że bycie prawym i lewym nie może być określone wyłącznie przez wewnętrzne relacje i wzajemne położenia części ręki względem siebie, bez względu na to, jak szeroko te relacje i położenia są rozpatrywane. Jego dowód (nie wprost) wygląda następująco. Załóżmy przez chwilę, że tego typu relacje istnieją. Wynikałoby stąd, że dla dowolnej krzywej zamkniętej można sobie wyobrazić wewnętrznie zgodny ciąg rąk wzdłuż tej krzywej, z których każda (ściśle mówiąc jej części) będzie spełniała relacje gwarantujące bycie ręką - powiedzmy - prawą. Ale nieorientowalne przestrzenie³⁹ (np. wstęga Möbiusa) pokazują, że tego typu wewnętrznie zgodny ciąg rąk nie jest możliwy.

Ten sam argument pokazuje, że bycie prawym lub lewym nie może być określone wyłącznie przez wewnętrzne relacje i wzajemne położenia punktów substancjalnej przestrzeni, zajmowanych przez ciało. Substancjaliście nie może również pomóc wprowadzenie dodatkowych relacji, jakie mogłyby zachodzić pomiędzy materialnymi punktami ręki (czy też punktami przestrzeni, zajmowanej przez rękę) oraz otaczającej ją, zewnętrznej przestrzeni ponieważ każda z relacji, w które wchodzi z otaczającą przestrzenią jedna z rąk, będzie dokładnie kopiowana przez relację, w które wchodzi z otaczającą przestrzenią druga ręką, będąca jej zwierciadlanym odbiciem.

³⁹ Przestrzeń n - wymiarowa jest *orientowalna* jeżeli istnieje ciągle, nieznikające pole n liniowo niezależnych wektorów stycznych do tej przestrzeni.

Earman (1989b, s. 141) analizuje jeszcze jedną możliwą taktykę substancjalisty, zmierzającą do rozróżnienia pomiędzy prawym i lewym. Taktyka ta, zaproponowana przez Nerlicha (1973), polegałaby nie na odwoływaniu się do relacji, w jakie wchodzi ręka z poszczególnymi punktami otaczającej ją przestrzeni, a na odwołaniu się do relacji, w jaką wchodzi ręka z całą przestrzenią, jako pewną jednością. Taką interpretację swojego argumentu dopuszcza również Kant; upoważnia do tego początkowy fragment jego pracy (1768), gdzie Kant pisze, iż porządek rzeczy jest odniesiony do „przestrzeni w ogóle jako pewnej jedności”⁴⁰. Nerlich (1973, s. 342-343) uważa, że definicje niezgodnych obiektów, tego typu jak ręce, wymagają odwołania się do przestrzeni jako pewnej całości. Rozważmy jako przykład earmanowską globalną definicję obiektów, które Earman nazywa „niezgodnymi odpowiednikami” („incongruent counterparts”)⁴¹:

Obiekty O i O' są *niezgodnymi odpowiednikami*, jeżeli nie można doprowadzić do pokrywania się ograniczających je powierzchni przez żaden sztywny ruch (składający się z translacji i obrotów) a można to zrobić poprzez kombinację sztywnych ruchów oraz (nieparzystej liczby) odbić.⁴²

Definicja taka rzeczywiście odwołuje się do całej przestrzeni jako pewnej jedności przez to, że rozważa się w niej wszystkie możliwe ruchy pewnego typu w całej przestrzeni. Earman zauważa jednak, że można również podać lokalną definicję obiektów o podobnych własnościach. Taka lokalna definicja tego typu obiektów, które Earman nazywa dla odróżnienia „obiettami enancjomorficznymi” („enantiomorphs”) ma u Earmana następującą postać (Earman 1989b, s. 141):

Obiekt O jest *obiektem enancjomorficznym*, jeżeli istnieje takie otoczenie N tego obiektu, które jest wystarczająco duże, aby zmieścić w sobie odbicia O , i jeżeli rezultat każdego odbicia O w N różni się od rezultatu każdego sztywnego ruchu obiektu O w N .

Definicja powyższa, podobnie jak poprzednia, jest definicją substancjalistyczną przez to że odwołuje się do przestrzeni. Pokazuje ona, że przy definiowaniu obiektów tego typu jak ręce nie trzeba odwoływać się do całości przestrzeni. Pokazuje ona również - dość oczywistą - rzecz, a mianowicie to, że substancjalista może wyjaśnić, na czym polega enancjomorfizm, nie dowodzi natomiast wcale tego, jak zauważa Earman, że wyjaśnienie takie jest poza

⁴⁰ Kant 1768, s. 394. Por. Earman 1989b, s. 141, 142, 215.

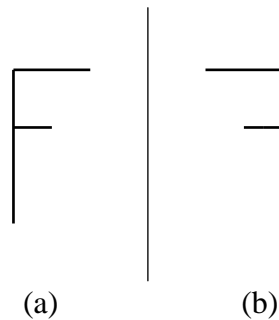
⁴¹ Nerlich (1973, s. 338, 342 - 343) określa takie obiekty terminem „obiekty enancjomorficzne” („enantiomorphs”), którego Earman z kolei używa w innym sensie, przedstawionym w dalszej części pracy.

⁴² Earman 1989b, s. 142. Definicja ta, podobnie jak i następna obiektów enancjomorficznych, zakłada, że przestrzeń ma stałą krzywiznę, która umożliwia sztywne ruchy ciała.

zasięgiem relacjonisty. Earman pokazuje na prostych przykładach, w jaki sposób relacjonista może pracować z obiektami enancjomorficznymi. Po pierwsze, może on je opisywać, jak pokazuje przytoczony poniżej przykład. Po drugie zaś, może zastosować przedstawiony już w poprzednich paragrafach manewr reprezentacjonistyczny i może twierdzić, że absolutystyczne opisy rzeczywistości (m.in. obiektów tego typu jak ręce) są tylko pewnymi reprezentacjami rzeczywistości, która jest u swych podstaw relacjonistyczna.

Wspomniany wcześniej earmanowski przykład relacjonistycznego opisu prostego obiektu enancjomorficznego wygląda następująco (dla uproszczenia Earman rozpatruje przestrzeń 2-wymiarową). Weźmy pod uwagę przedmiot, który składa się z jednego długiego pręta i dwóch krótszych, które są przyłączone prostopadle do dłuższego z tej samej jego strony. Jeden z prostopadłych prętów jest przyczepiony do końca długiego pręta, podczas gdy drugi, ten który jest krótszy niż pierwszy, jest przyczepiony do pręta długiego w punkcie, który leży pomiędzy punktem środkowym i tym końcem długiego pręta, do którego jest przyłączony pierwszy z prostopadłych prętów. Wiele różnych absolutystycznych reprezentacji takiego relacjonistycznego opisu jest możliwych, w szczególności (a) i (b) na rys. 1⁴³ oraz wszystkie obiekty, które powstają w wyniku translacji i obrotów (a) i (b) (punkty strony na rysunku reprezentują punkty substancjalnej przestrzeni). Relacjonista, broniąc się przed zarzutem, że nie potrafi rozróżnić pomiędzy (a) i (b), może powtórzyć sugestię przytoczoną już wcześniej; że rozróżnienie takie, również w przypadku substancjalisty, zakłada istnienie ciała (układu) odniesienia, i to takiego, które jest samo asymetryczne (enancjomorficzne). Obserwator, który sam nie miałby wyróżnionej orientacji (prawej albo lewej), również nie potrafiłby rozróżnić pomiędzy (a) i (b). Musiałby on się odwoływać do istnienia wyróżnionej orientacji w przestrzeni, do czego w czasach Kanta nie było najmniejszych podstaw. Sytuację zmienia tutaj w istotny sposób dopiero odkryte niedawno, i omówione poniżej, niezachowanie parzystości w oddziaływaniach słabych.

⁴³ Rysunek przytaczam za Earmanem (1989b, s. 145).



Rys. 1 Reprezentacje obiektu enancjomorficznego

Większe kłopoty może sprawić relacjonistyczne wyjaśnienie, czym są niezgodne odpowiedniki ze względu na to, że ich definicja odwołuje się do globalnych własności przestrzeni, które mogą być trudne do wyrażenia w języku relacjonisty. W szczególności taką własnością, która może sprawić kłopoty relacjonistyczne, jest orientowalność przestrzeni. Gdyby udało się wykazać tego typu słabość relacjonizmu obciążałoby to poważnie, jak pisze Earman, jego konto. Ale tego typu niemoc relacjonizmu do wyrażania globalnych własności czasoprzestrzeni powinna być udowodniona a ani Kant, ani Nerlich tego niestety nie dowodzą. Rzeczą najistotniejszą w tej całej sprawie jest jednak to, że definicje tego typu, jak powyższe definicje obiektów enancjomorficznych i niezgodnych odpowiedników, jakkolwiek pozwalają absolutyście na odróżnienie przedmiotów, dla których odbicie nie jest tożsame z kombinacją translacji i obrotów od tych, które tej własności nie posiadają, nie wydają się w żaden sposób prowadzić do odróżnienia prawego od lewego. Nie czynią one zatem argumentu Kanta argumentem efektywnym.

Faktem, który zmienia w diametralny sposób sytuację argumentu Kanta, chociaż w sposób niezgodny z intencjami jego autora, gdyż Kant sądził, że to immanentne własności niezgodnych odpowiedników czynią jego argument efektywnym, jest odkrycie niezachowania parzystości w oddziaływaniach słabych. Zasada zachowania parzystości jest kwantowomechaniczną zasadą zachowania odpowiadającą zasadzie symetrii względem odbicia w mechanice kwantowej i jej złamanie w oddziaływaniach słabych świadczy o tym, że w oddziaływaniach tych nie jest spełniona zasada symetrii względem odbicia⁴⁴. Earman analizuje ten fakt na przykładzie eksperymentu Crawforda et al. (1957), w którym wodorową komorę pęcherzykową ostrzeliwano wiązką mezonów π^- . W eksperymencie tym badano reakcję:

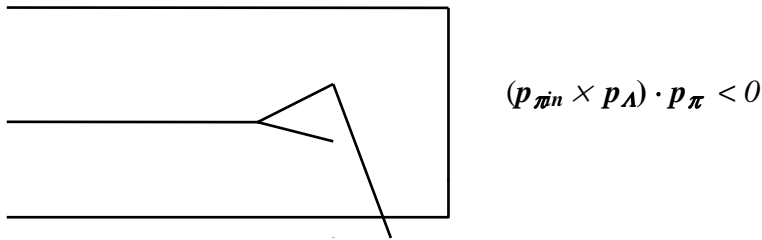
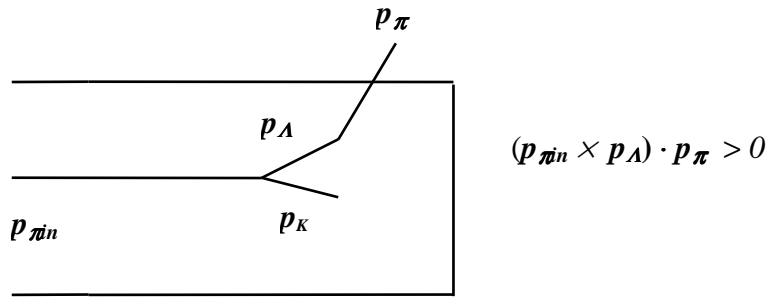


oraz następujący po niej rozpad hiperonu Λ^0 :

⁴⁴ Por. np. Feynman 1974, s. 395 - 398.



(e)



(f)

Rys. 2 Niezachowanie parzystości w rozpadzie Λ .

Wektory pędów cząsteczek z pierwszej reakcji leżą w jednej płaszczyźnie, podczas gdy wektor pędu mezonu π^- pochodzącego z rozpadu hiperonu Λ^0 jest nachylony pod pewnym kątem do tej płaszczyzny. Możliwe konfiguracje (e) i (f) pędów cząsteczek, biorących udział w reakcji, są przedstawione na rys. 2 (protony są pominięte)⁶⁰. Gdyby parzystość była zachowana procesy (e) i (f) jako procesy, które są swoimi zwierciadlanymi odbiciami, powinny mieć to samo prawdopodobieństwo ale doświadczenie pokazuje, że w rzeczywistości (e) dominuje. Ta wykryta eksperymentalnie dominacja procesów typu (e) może być wykorzystana do zdefiniowania prawoskrętności; „przeprowadź dużą liczbę eksperymentów z rozpadami [przedstawionymi na rys. 2] żeby zidentyfikować dominujący

sposób rozpadu, wówczas wektory pędów $p_{\pi n}$, p_{Λ} , p_{π} wzięte w tej kolejności definiują układ prawoskrętny”.⁶¹

Fakt, że odbicie zwierciadlane nie jest symetrią praw przyrody, sprawia kłopot relacjonistom, ponieważ nie ma on wystarczających środków niezbędnych do wyrażenia asymetrii procesów tego typu, jak (e) i (f) przedstawione na rys. 2. Dla niego procesy takie będą tylko różnymi sposobami prezentacji tego samego relacjonistycznego modelu. Mogłoby się wydawać, że stawia to relacjonistę w sytuacji beznadziejnej. Earman uważa jednak, że tak nie jest i że może się on bronić wzbogacając swój model. Propozycja earmanowska ((1989b), s. 148-150) wygląda następująco. Relacjonista powinien wprowadzić dodatkowo do swojej koncepcji coś takiego jak wewnętrzne własności R^* i L^* . Może on nie być w stanie opisać R^* i L^* w tradycyjnych, relacjonistycznych terminach ale może on próbować scharakteryzować je funkcjonalnie w terminach roli, jaką spełniają przy ugruntowywaniu niezachowania parzystości. Może on mianowicie twierdzić, że R^* częściej występuje i ma w związku z tym większe prawdopodobieństwo ujawniania w wynikach eksperymentalnych niż L^* .

Earman uważa, że aby tego typu koncepcję można było potraktować poważnie relacjonista musi powiedzieć nam coś więcej o obu tych własnościach i nie może to być tylko sprytny chwyt polegający na przypisaniu absolutystycznym stanom relacjonistycznych terminów:

Relacjonista musi powiedzieć nam dostatecznie dużo o tych własnościach, aby przekonać nas że jego wyjaśnienie zasługuje na to, żeby być nazwane relacjonistycznym w tym minimalnym sensie, że R^* i L^* nie są jedynie pomysłami na nazwanie absolutystycznych stanów. Jednocześnie musi jednakże istnieć jakaś wystarczająco bliska relacja pomiędzy R^* i L^* z jednej strony i absolutystycznymi stanami z drugiej, aby wyjaśnić związek pomiędzy zróżnicowanymi tendencjami [do występowania] dla R^* i L^* i obserwowaną asymetrią pomiędzy [reakcjami typu] (e) i (f). (Earman 1989b, s. 149).

Wyjaśnienie takie, jak pisze dalej Earman, powinno dotyczyć co najmniej jednego - pierwszego z dwóch niżej wymienionych - aspektów przedstawionego problemu:

- i) W jaki sposób i dlaczego R^* i L^* łączą się z (e) i (f)?
- ii) Dlaczego R^* manifestuje się jako (e) i L^* jako (f) a nie odwrotnie?

W kontekście proponowanej przez siebie relacjonistycznej obrony przed negatywnymi konsekwencjami niezachowania parzystości Earman przypomina stary pomysł Lee i Yanga⁴⁵, który zmierzał do uratowania symetrii praw przyrody względem odbić zwierciadlanych. Lee i Yang zastanawiali się, w jaki sposób można by pogodzić obserwowaną asymetrię procesów typu (e) i (f) z zachowaniem parzystości. Propozycja, jaką wysunęli, wygląda następująco.

⁴⁵ Lee, T. D., Yang, C. N., (1956): „Question of Parity Conservation in Weak Interactions”, *Physical Review*, 104, s. 254 - 258.

Wyobraźmy sobie, że istnieją dwa rodzaje elementarnych cząsteczek: π_R^- , A_R^0 , K_R^0 oraz π_L^- , A_L^0 , K_L^0 mające (odpowiednio) te same masy, ładunki i spiny. Parzystość byłaby zachowana, gdyby obydwie te rodzaje cząsteczek transformowały się wzajemnie na siebie przy odbiciu zwierciadlanym i gdyby wykazywały przeciwstawne asymetrie w swoich sposobach rozpadu. Pozorne złamanie zasady zachowania parzystości, stwierdzane w przeprowadzanych obecnie eksperymentach, mogłoby być spowodowane faktem, że zamieszkujemy region Wszechświata, gdzie rodzaj R jest dominujący. Hipoteza Lee i Yanga nie doczekała się dotąd potwierdzenia eksperymentalnego.

Podsumowując swoją analizę argumentu Kanta Earman (1989b, s. 152, 153) stwierdza, że argument ten w swojej oryginalnej wersji jest niekonkluzywny i nie dowodzi tego, co miał dowieść, to znaczy substancjalności przestrzeni. Uwzględnienie niezachowania parzystości w oddziaływaniach słabych ma, według Earmana, stanowić pewną „interesującą chociaż nie rozstrzygającą różnicę”. Interesującą - ponieważ argument zaczyna wówczas działać - a nie rozstrzygającą - ponieważ relacjonista może, zdaniem Earmana, obronić się wprowadzając omówione wyżej wewnętrzne własności R^* i L^* :

Jeżeli relacjonista zechce dodać wystarczającą ilość epicykli do swojej teorii, może uchylić wszelkie zarzuty wysunięte przez absolutystę. Chociaż potrzeba dodawania epicykli nie jest konieczną oznaką fałszywości teorii, to skumulowanie zbyt dużej liczby epicykli może spowodować utratę zainteresowania teorią. (Earman 1989b, s. 153)

Oceniając earmanowską analizę argumentu Kanta trzeba stwierdzić, że jest to analiza trafna i to w obu jej częściach; zarówno tej, która dotyczy oryginalnej wersji tego argumentu, jak i tej, która dotyczy wersji wykorzystującej niezachowanie parzystości. Jediną rzeczą, która wzbudza pewne zastrzeżenia, to sugestia zawarta we wniosku końcowym, z której by wynikało, że zaproponowana relacjoniście przez Earmana argumentacja jest wystarczająca do odparcia argumentu Kanta w rozwiniętej wersji, wykorzystującej niezachowanie parzystości. Jakkolwiek psychologicznie biorąc takie właśnie ustawienie sprawy przez Earmana wydaje się zrozumiałe⁴⁶, to jednak, jak sądzę, w przedstawionej wyżej analizie earmanowskiej trudno znaleźć podstawy do takiego właśnie stwierdzenia. Earman zaproponował pewną drogę, po której może pójść obrona relacjonisty ale nie wypełnił jej „treścią”, tzn. nie przedstawił żadnej konkretnej, możliwej do przyjęcia wersji takiej obrony. Zaproponowana przez Earmana linia obrony relacjonisty stałaby się efektywna, jak stwierdził sam Earman, dopiero po wyjaśnieniu, na czym polegają wewnętrzne własności R^* i L^* , jaki jest ich związek z

⁴⁶ Earman sam konstruuje stanowisko - będzie ono przedstawione w dalszej części mojej pracy - które jest nie-substancjalistyczne i być może to powoduje, że zbyt łatwo w niektórych momentach akceptuje niedopracowane argumenty, które bronią relacjonizmu.

reakcjami typu (e) i (f) z rys. 2 i udowodnieniu, że są one rzeczywiście „wewnętrzne”. Przypomniana przez Earmana hipoteza Lee i Yanga jest tylko hipotezą *ad hoc* nie mającą potwierdzenia doświadczalnego i na dodatek hipotezą, której grozi popadnięcie w sprzeczność z zasadą kosmologiczną głoszącą, że Wszechświat jest taki sam w każdym punkcie, jeśli nie uwzględniamy lokalnych nieregularności⁴⁷. Należałoby zatem, jak sądzę, uznać skuteczność argumentu Kanta w rozwiniętej wersji, wykorzystującej niezachowanie parzystości w oddziaływaniach słabych, a propozycję Earmana relacjonistycznej obrony przed tym argumentem potraktować tylko jako interesującą propozycję, która wymaga dalszych badań.

Argument Kanta w obu wersjach oryginalnej i zmodyfikowanej, uwzględniającej niezachowanie parzystości w oddziaływaniach słabych, skierowany był przeciwko relacjonizmowi. Earman nie rozważa problemu, czy argument ten, w wersji uwzględniającej niezachowanie parzystości w oddziaływaniach słabych, byłby równie skuteczny w przypadku atrybutywizmu. Wydaje się jednak, że tak właśnie jest i że argument taki przemawia w równym stopniu przeciwko atrybutywizmowi, ponieważ zwolennik takiego poglądu, który może się odwoływać tylko do relacji wzajemnych oraz własności lokalizacji cząstek, podobnie jak relacjonista, nie ma w swoim języku wystarczających środków do wyrażenia asymetrii procesów tego typu, jak (e) i (f) na rys. 2.

⁴⁷ Por. np. Bondi 1965.

3. Argument Fielda

Argumentem na rzecz substancjalizmu, który został sformułowany współcześnie, jest teoriopolowy argument Fielda. Został on przedstawiony przez Fielda w trzech pracach (1980, 1985, 1989) i ma swoje dwie wersje. We wcześniejszej z 1980 r. Field stwierdza, bez żadnych dodatkowych uzasadnień, że punkty czasoprzestrzeni muszą istnieć, ponieważ przypisywane są im w teorii pola pola fizyczne w postaci własności, liczb, wektorów lub tensorów⁴⁸:

Z platońskiego punktu widzenia pole jest zazwyczaj określane poprzez przypisanie pewnej własności, lub pewnej liczby lub wektora lub tensora każdemu punktowi czasoprzestrzeni; oczywiście zakłada to, że istnieją punkty czasoprzestrzeni [...].

W tej pierwszej pracy Field zdawał się jeszcze przyjmować, jak na to wskazuje przytoczony cytat, że nie wszystkie pola muszą być własnościami czasoprzestrzeni, chociaż już wtedy przypisywał status własności polu elektromagnetycznemu: „mówiąc po platońsku, pole [elektromagnetyczne] jest po prostu przypisaniem własności punktom lub obszarom czasoprzestrzeni” (s.114). W obu późniejszych pracach Field przypisuje już status własności wszystkim polom fizycznym, bez wprowadzania jakichkolwiek rozróżnień pomiędzy nimi, a jego argumentacja wygląda teraz następująco; teoria pola jest teorią, która przypisuje punktom czasoprzestrzeni własności polowe. A skoro pola fizyczne są własnościami punktów czasoprzestrzeni, punkty te muszą istnieć jako indywidua:

Tak jak ja to widzę, teoria pola jest po prostu teorią, która przypisuje kauzalne własności punktom czasoprzestrzeni lub pewnym obszarom czasoprzestrzeni bezpośrednio (w przeciwieństwie do [przypisywania] pośrednio, poprzez ciała, które zajmują te punkty, czy też obszary). (Lub, żeby być bardziej ścisłym, jest to teoria, która *postuguje się kauzalnymi predykatami*, odnoszącymi się bezpośrednio do punktów lub obszarów czasoprzestrzeni). Na przykład w teorii pola elektromagnetycznego każdemu punktowi czasoprzestrzeni przypisujemy natężenie pola elektrycznego i magnetycznego niezależnie od tego, czy punkt ten zajmowany jest przez materię, czy też nie. Oczywiście zakłada to substancjalizm: zgodnie z relacjonizmem nie ma żadnych punktów ani innych obszarów czasoprzestrzeni zajmowanych przez ciała, tak że przypisywanie własności takim punktom lub obszarom nie ma sensu. W konsekwencji wydaje mi się, że fizyczną teorią, która ma być zgodna z czymś, co zasługuje na miano relacjonizmu, nie może być teoria pola. (Field 1989, s. 181)

Podobnie jak wcześniej Field w żaden sposób nie dowodził tego, że „pole jest zazwyczaj określane poprzez przypisanie pewnej własności, lub pewnej liczby lub wektora lub tensora każdemu punktowi czasoprzestrzeni”, tak teraz nie próbuje w żaden sposób przekonać nas, dlaczego powinniśmy traktować pola fizyczne jako własności czasoprzestrzeni.

⁴⁸ Field 1980, s.35. Alternatywą dla platońskiego punktu widzenia, o którym jest mowa w przytoczonym cytacie, jest nominalistyczna interpretacja fizyki, którą Field próbuje rozwijać w swoich pracach. Earman, który sam jest realistą pojęciowym, pomija w swoich analizach spór realizm - nominalizm, również w ujęciu Fielda. Earman pomija także w swoich analizach inną, nie mniej kontrowersyjną ideę Fielda, zgodnie z którą punkty czasoprzestrzeni mogą ze sobą oddziaływać.

Earman przyjmuje argumentację Fielda bez zastrzeżeń, ale niestety również bez żadnych dodatkowych uzasadnień, które byłyby możliwe do przyjęcia: „uwagi Fielda mogą być interpretowane jako popierające to, co nazywam substancjalizmem różnaitościowym” (Earman 1989b, s. 155), który „jest obecnie jedyną funkcjonującą formą substancjalizmu” (Earman 1989b, s. 180) i jednocześnie ma reprezentować typowe podejście fizyka zajmującego się teorią pola do czasoprzestrzeni. Według tej wersji substancjalizmu, jak już wcześniej pisałem (rozd. 1, §1), w nowoczesnej, czysto polowej fizyce różnaitość różniczkowa M , którą Earman utożsamia z czasoprzestrzenią, „funkcjonuje jako bazowa substancja, to jest bazowy obiekt predykcji” (Earman 1989b, s.155), zaś pola fizyczne „muszą być interpretowane jako stany M ” (Earman 1989b, s.155), gdyż po odrzuceniu przez teorię względności koncepcji eteru „czasoprzestrzenna różnaitość M zaczęła funkcjonować jako pewien rodzaj zdematerializowanego eteru, potrzebnego do podtrzymania pól”⁴⁹. Ponieważ Earman w swoich rozważaniach interpretuje pola fizyczne bez żadnych rozróżnień jako własności czasoprzestrzeni⁵⁰, wydaje się nie budzić wątpliwości, że „stany M ” traktuje tu jako własności czasoprzestrzeni. Jedyna earmanowska próba uzasadnienia takiej interpretacji teorii pola, przywołana wyżej, używa wieloznacznej metafory „czasoprzestrzeń M jako pewien rodzaj zdematerializowanego eteru potrzebnego do podtrzymania pól” i być może mogłaby być zaakceptowana, ale tylko tak długo, jak długo pozostaje wieloznaczna. Każda próba jej skonkretyzowania wymaga określenia statusu ontologicznego pól fizycznych i tym samym staje się równie kontrowersyjna jak teza, którą miała uzasadnić.

Z powyższych rozważań wynika, że Earman wydaje się akceptować drugą wersję argumentu Fielda, w której polom fizycznym przypisuje się status własności. Tą pierwszą wersję Earman pomija w swoich analizach i ja również, w związku z tym, chciałbym skoncentrować na krytyce tej drugiej wersji. Jeżeli zaś chodzi o tą pierwszą, to chciałbym tylko odnotować, że w tej postaci, w jakiej sformułował ją Field, nie jest ona konkluzywna, gdyż Field w żaden sposób nie dowodzi tego, że „pole jest zazwyczaj określane poprzez przypisanie pewnej własności, lub pewnej liczby lub wektora lub tensora każdemu punktowi czasoprzestrzeni”, a nie, na przykład, na odwrót. Relacjonista może zatem replikować tak, jak

⁴⁹ W oryginale: „the space-time manifold began to function as a kind of dematerialized ether needed to support the fields” (Earman 1989b, s. 155).

⁵⁰ Np. w pracy (1989b, s. 201) Earman stwierdza: „Jak wyjaśniono w rozdziale 8, pola nie są własnościami surowego (*undressed*) zbioru punktów czasoprzestrzeni ale raczej własnościami różnaitości M , co oznacza, że pola są własnościami łącznie punktów i ich własności topologicznych i różniczkowych”. Por. również Earman 1986a, s. 236, 243 (cytat przytoczony w rozdz. I, § 1).

to robi np. Teller, twierdząc że jest dokładnie odwrotnie, niż chciałby tego Field i że to właśnie polom fizycznym przypisywane są własności czasoprzestrzennej lokalizacji⁵¹:

Hartrey Field (1980, p. 35) argumentował bardzo prosto, że aby pracować z teoriami pola musimy mieć punkty czasoprzestrzeni jako przedmioty, o których wielkości polowe są orzekane. Ale weźmy pod uwagę fakt, że teorie względności odrzucają rozróżnienie pomiędzy masą i energią, tak że wielkości polowe, same przenoszące energię, mogą być traktowane substancjalnie. Możemy zatem odwrócić rolę orzeczenia i podmiotu. Zamiast przypisywać energię-masę w formie pola punktom substancjalnej czasoprzestrzeni, możemy według niniejszej propozycji przypisać relatywną czasoprzestrzenną lokalizację polu - energii-masie w formie pola elektromagnetycznego, pola gęstości masy lub tym podobnym. Relatywna lokalizacja jest właśnie relacyjną własnością, to jest czasoprzestrzenną relacją odniesioną do pewnego rozpatrywanego toru.

Druga wersja argumentu Fielda, zaakceptowana, jak można sądzić, przez Earmana, jest również nieskuteczna; obciążona jest błędem *petitio principii*, gdyż Field przyjmuje bez żadnego uzasadnienia kontrowersyjne założenie, zgodnie z którym pola fizyczne są własnościami czasoprzestrzeni. Ponadto założona przez Fielda interpretacja pól fizycznych niezgodna jest, co będę chciał pokazać w dalszej części pracy, ze sposobem, w jaki pola fizyczne rozumiane są przez fizyków w teorii pola z wyjątkiem geometrodynamiki, która jednak nie jest kompletną teorią i jako taka nie może być alternatywą, przynajmniej obecnie, dla standardowej teorii pola.

Wyraźne luki w argumentacji Fielda spowodowały, że argumentacja ta (w swojej drugiej wersji)⁵² spotkała się z krytyką (np. Malament 1982, Teller 1991, Hofer i Ray 1992). Krytycy zwracają uwagę na to samo, o czym pisał Teller, a mianowicie że pola fizyczne, przynajmniej niektóre, są nośnikami energii i jako takie mogą być potraktowane jako substancje. Co więcej, niektórzy z nich - np. Teller w przytoczonym wyżej cytacie - twierdzą nawet, że możliwa jest relacjonistyczna interpretacja teorii pola. Można sobie również wyobrazić idącą w tym samym kierunku interpretację teorii pola w duchu atrybutywizmu - punkty czasoprzestrzeni byłyby wówczas traktowane jako własności lokalizacji bezwzględnej (tzn. niezrelatywizowanej do innych położeń) pól fizycznych.

Przytoczone wyżej dwa przykłady możliwej interpretacji teorii pola są dobrymi kontrprzykładami dla argumentacji Fielda, nie mogą natomiast być traktowane jako argumenty na rzecz relacjonizmu - pierwszy - i atrybutywizmu - drugi. Występując w tej roli obydwie obciążone byłyby tym samym błędem *petitio principii*, którym obciążona jest argumentacja Fielda, gdyż nie widać powodów, dla których punkty czasoprzestrzeni miałyby być traktowane jako własności lokalizacji względnej lub bezwzględnej pól fizycznych, a w każdym razie nikt nie przedstawił argumentów na rzecz takiej właśnie interpretacji teorii pola.

⁵¹ Teller (1991), s. 382. Argumentacja Tellera, chociaż skierowana przez swojego autora przeciwko drugiej wersji argumentu Fielda, może być z równym skutkiem wykorzystana do odparcia jej pierwszej wersji.

⁵² Pierwsza wersja argumentu Fielda jest pomijana w analizach.

Z proponowaną przez Fielda i Earmana interpretacją teorii pola trudno jest się zgodzić również ze względu na niepożądaną konsekwencję, do jakiej prowadzi. Tą niepożądaną konsekwencją jest traktowanie cząstek elementarnych, a nawet większych obiektów, takich jak galaktyki czy gromady galaktyk, jako własności czasoprzestrzeni. Tym samym interpretacja taka zmierza w kierunku stanowiska, które Earman nazywa hipersubstancjalizmem (*supersubstantialism*). Weźmy pod uwagę dwa przykłady. W modelach kosmologicznych tensor energii-pędu T jest tensorem energii-pędu materii kosmicznej, w szczególnie prostym modelu przyjmuje się np., że materia kosmiczna jest pyłem, którego cząsteczkami są gromady galaktyk⁵³. Jeżeli więc Field i Earman chcą traktować wszystkie pola fizyczne, w tym również pole tensora energii-pędu, jako własności czasoprzestrzeni to - pamiętając o równoważności masy i energii - musimy uznać galaktyki za własności czasoprzestrzeni. Drugi mój przykład dotyczy cząstek elementarnych. W kwantowej teorii pola cząstki traktowane są jako kwanty pola, zaś oddziaływania fizyczne przenoszone są za pośrednictwem takich cząstek - kwantów pól, np. oddziaływania silne za pośrednictwem gluonów, oddziaływania słabe za pośrednictwem cząstek W i Z a oddziaływania elektromagnetyczne za pośrednictwem fotonów. Traktowanie generalnie pól fizycznych jako własności czasoprzestrzeni prowadzi zatem również w tym wypadku do niepożądanych konsekwencji - uznawania cząstek elementarnych za własności czasoprzestrzeni.

Przykłady te pokazują, jak sądzę, że jeżeli nie chcemy wpadać w skrajność, którą w tym przypadku jest interpretowanie teorii pola w duchu hipersubstancjalizmu, nie należy traktować wszystkich pól fizycznych jako własności czasoprzestrzeni. Interpretacja taka jest co prawda dopuszczalna logicznie, ale nie jest ona zgodna ze sposobem, w jaki jest rozumiana i używana teoria pola (z wyjątkiem geometrodynamiki). Nie możemy wielkości fizycznych, takich np. jak wspomniane wcześniej pole tensora energii-pędu T czy pola oddziaływań elektromagnetycznych, słabych i silnych traktować jako własności czasoprzestrzeni, skoro fizycy uważają je za niezależne i istniejące na własny rachunek (chyba, że ktoś świadomie chce pójść w ślady zwolenników geometrodynamiki i bronić hipersubstancjalizmu). Dla fizyka to nie własności czasoprzestrzeni biorą udział w oddziaływaniach grawitacyjnych, elektromagnetycznych, słabych czy też silnych. Jeżeli natomiast ktoś twierdzi, że obiekty takie, jak cząstki elementarne lub galaktyki, są własnościami czasoprzestrzeni powinien pokazać, że teoria pola z takimi obiektami jest

⁵³ Por. np. Kopczyński, Trautman 1981, s. 191.

sensowna i że może efektywnie pracować; tzn. powinien nam między innymi wyjaśnić, co to znaczy, że własności czasoprzestrzeni mają masę, energię i pęd, co to znaczy, że własności czasoprzestrzeni mogą się poruszać i co to znaczy, że mogą ze sobą oddziaływać. Znamy jedną próbę zbudowania takiej teorii - jest nią geometrodynamika - która chociaż być może jest interesująca, to jednak nie jest teorią kompletną; nie stworzono na przykład do tej pory kwantowej geometrodynamiki. Tego typu propozycję możemy zatem potraktować co najwyżej jako program, który może być punktem wyjścia do dalszych badań a nie jako realną alternatywę dla istniejącej standardowej teorii pola.

Jak się zdaje, jedynym takim polem, które można potraktować jako własność czasoprzestrzeni, jest pole tensora metrycznego g . Tensor metryczny określa rzeczywiście własności czasoprzestrzeni - tzn. jej własności topologiczne, afiniczne oraz metryczne, określa również krzywiznę czasoprzestrzeni⁵⁴.

Wydaje się, że przyczyną uproszczonego podejścia do problemu pola, które można zaobserwować u Fielda i Earmana, może być zdarzający się niekiedy u filozofów nauki błąd ekwiwokacji, który polega na tym, że czytając teksty fizyczne, w których występują terminy równobrzmiące lub równoznaczne (choć odmiennie znaczeniowo) z pewnymi terminami występującymi w języku filozofii, podkłada się pod nie niewłaściwe znaczenie⁵⁵. Dla przykładu wielkości takie jak natężenie pola elektrycznego E i pola magnetycznego H w danym obszarze czasoprzestrzeni zapisuje się w fizyce w postaci: $E(x,t)$, $H(x,t)$. Wyrażenia takie przypominają swoim kształtem predykaty, których argumentami są punkty czasoprzestrzeni, a ponieważ predykaty opisują własności mogłoby to prowadzić do błędnego wniosku, że pola elektryczne i magnetyczne są własnościami czasoprzestrzeni. Dla fizyka zaś powyższy zapis oznacza tylko tyle, że w punkcie (x,t) natężenia pola elektrycznego i magnetycznego mają wartości E i H , a w żadnym przypadku nie oznacza on tego, że natężenia te są własnościami punktów czasoprzestrzeni.

Przedstawione tu kłopoty z interpretacją pól fizycznych, jak również podobne trudności z określeniem statusu punktów czasoprzestrzeni, są ilustracją szerszego problemu, który polega na tym, że samo przyjęcie realizmu naukowego nie rozwiązuje

⁵⁴ Por. np. Kopczyński, Trautman 1981, s. 151-152. Mogłoby się wydawać, że argumentacja Fielda może zacząć obowiązywać przy osłabionych założeniach, kiedy to przyjmuje się, że jedyną własnością polową czasoprzestrzeni jest pole tensora metrycznego. Tak jednak nie jest; przeciwnik substancjalizmu mógłby wówczas bronić się mówiąc, że zarówno czasoprzestrzeń, jak i metryka, są własnościami świata materialnego (przy czym ta ostatnia np. jako własność 2-go rzędu, tzn. jako własność tej własności świata materialnego, którą jest czasoprzestrzeń).

⁵⁵ Przykładem takiego błędu jest błąd Friedmana (1983, s. 219-220) w interpretacji terminu „event”. Por. Earman 1989b, s. 164.

automatycznie wszystkich problemów ontologicznych. Problem polega na tym, że jeżeli mamy jakąś teorię fizyczną, w której wielkości fizyczne opisane są przez pewne zmienne, to trudno jest podać precyzyjne kryterium, które pozwalałoby określić jednoznacznie, które z tych zmiennych są zmiennymi predykatowymi a które zmiennymi indywiduowymi. Innymi słowy trudno jest oddzielić indywidua od własności.

Na poziomie logiki trudności z rozgraniczeniem indywiduów i własności odpowiada łatwość, z jaką można przejść od interpretowania danej zmiennej jako indywiduowej do interpretowania jej jako zmiennej predykatowej, na którą zwraca uwagę w odniesieniu do zmiennych czasoprzestrzennych sam Field:

[...] jeżeli ktoś przyjmuje substancjalistyczny pogląd, zgodnie z którym kwantyfikuje po ciałach materialnych i obszarach czasoprzestrzennych a nie kwantyfikuje i nie ma nazw dla własności ciał materialnych i obszarów czasoprzestrzeni (choć oczywiście używa predykatów [do mówienia] o ciałach materialnych i obszarach [czasoprzestrzeni]), wtedy nic nie może nas powstrzymać przed przemianowaniem obszarów [czasoprzestrzeni] na 'własność lokalizacji'.⁵⁶

Field wyciąga stąd wniosek, że to, czy obszary czasoprzestrzeni należy interpretować jako indywidua, czy jako własności, to nie jest takie istotne:

[...] to, co jest istotne to to, czy obszary czasoprzestrzeni istnieją ponad ciałami materialnymi; nie to, czy jeśli istnieją takie obszary, to czy są uważane za 'indywidua' czy 'własności'. (Field 1989, s.177)

Wydaje się, że wniosek Fielda jest zbyt daleko idący i nie musimy się z nim zgadzać. Z faktu, że w konkretnym przypadku danej teorii trudno jest czasami ustalić w sposób ostateczny i nie budzący wątpliwości, czy pewna wielkość daje się zinterpretować jako indywiduum, czy też jako własność, nie należy wyciągać wniosku, że podział na indywidua i własności jest mało istotny. Zresztą problem, czy obszary czasoprzestrzeni istnieją „ponad” („over and above”) ciałami materialnymi nie jest wcale jaśniejszy ani prostszy do rozstrzygnięcia. Rozumowanie, które Field przeprowadził pokazuje, że samo kryterium Quine'a nie wystarcza do jednoznacznego ustalenia ontologii teorii naukowej i że potrzebne są dodatkowe kryteria. Z przykładów, które podałem wyżej, wynika z kolei, że przy rozstrzygnięciu, co jest indywiduum a co własnością w danej teorii, z pewnością nie należy kierować się formą zapisu, który stosują fizycy. Wydaje się natomiast, że takim dodatkowym kryterium, obok rozpatrywanego już kryterium funkcjonalności teorii, które byłoby zgodne z duchem realizmu naukowego, mogłoby być kryterium, które odwołuje się do tego, jak dana

⁵⁶ Field 1989, s. 176-177. Field przyjmuje tu kryterium istnienia Quine'a „istnieć to być wartością zmiennej związanej”.

teoria jest konstruowana⁵⁷. Podobnie, jak rozpatrywane wcześniej kryterium efektywnego funkcjonowania teorii, nie jest ono precyzyjne. Jest możliwe zatem, że będące pewną próbą sprecyzowania realizmu naukowego oba kryteria nie są jednoznaczne, tzn. jest możliwe, że dopuszczają one różne interpretacje ontologiczne danej teorii. Jednakże, jak się wydaje, nic innego nam nie pozostaje. Ponieważ nie chcemy uprawiać spekulatywnej metafizyki a pragniemy, mówiąc o tym, co istnieje, pozostawać w zgodzie ze współczesną nauką, decydujemy się na realizm naukowy. Ale nie oznacza to wcale, że możemy interpretować teorie naukowe w sposób dowolny, nie licząc się z tym, jak są one konstruowane i wykorzystywane przez ich twórców i użytkowników, tzn. przez naukowców.

Gdybyśmy chcieli przy ustalaniu ontologii danej teorii fizycznej ograniczyć się do powierzchownej analizy formy równań, występujących w tej teorii, wówczas rzeczywiście można dojść do wniosku podobnego do tego, który można znaleźć u Fielda. Jednak takie stosowanie realizmu naukowego byłoby dość ubogie - pozwalałoby na określenie, jakie wielkości występują w danej teorii, niewiele przy tym mówiąc o ich statusie ontologicznym. Jeżeli chcemy natomiast ten statut określić, musimy przeanalizować, jak dana teoria jest konstruowana i jak funkcjonuje. Analizując sposób konstruowania teorii możemy sprawdzić, czy dana wielkość fizyczna wprowadzana jest do niej jako własność, czy też jako indywidualium. Analizując funkcjonowanie teorii możemy z kolei sprawdzić, czy sposób, w jaki dana wielkość fizyczna jest rozumiana i używana, dopuszcza pewną interpretację ontologiczną. I tak na przykład, jeżeli chcielibyśmy - wracając do przykładów wcześniejszych - zdegradować wszystkie pola fizyczne do roli własności czasoprzestrzeni, a pamiętamy o równoważności masy i energii oraz o dualizmie korpuskularno - falowym, to tym samym degradujemy materię do roli własności czasoprzestrzeni, co nie byłoby zgodne ze sposobem, w jaki są rozumiane i używane wszystkie znane teorie fizyczne z wyjątkiem geometrodynamiki. Tego typu propozycję można potraktować poważnie tylko w takim wypadku, kiedy będzie jej towarzyszyła udana próba pokazania, że teoria w ten sposób zinterpretowana ma sens i może efektywnie pracować. Przypisując wielkościom fizycznym występującym w danej teorii status ontologiczny w sposób arbitralny, tak jak to robi np. Field, kiedy twierdzi, że punkty czasoprzestrzeni wyposażone we własności polowe mogą ze sobą oddziaływać, możemy dowieść co najwyżej tego, że fizyki nie rozumiemy.

⁵⁷ Byłoby to uogólnienie metody, którą Earman zastosował chcąc udowodnić, że własności metryczne nie są własnościami esencjalnymi czasoprzestrzeni (piszę o tym w dalszej części mojej pracy - rozdz. III, § 4.3.5). Por. również Gołosz (1997, 1998).

Jakkolwiek Earman nie analizował problemu, w jaki sposób należy rozstrzygnąć przynależność kategorialną konkretnych bytów, w praktyce stosował w niektórych przypadkach kryterium podobne do tego, jakie zostało sformułowane wyżej, tzn. kierował się przy ustalaniu statusu ontologicznego tym, jak teoria jest konstruowana oraz tym, jak jest rozumiana i używana przez swoich użytkowników. Można podać dwa przykłady zastosowania takiego kryterium. Pierwszy to analizowane już przeze mnie stanowisko, które Earman nazywa „substancjalizmem różnaitościowym”. Earman uznaje czasoprzestrzeń standardowej teorii pola za substancję, ponieważ w teorii tej czasoprzestrzeń „funkcjonuje jako bazowa substancja, to jest bazowy obiekt predykcji” (1989b, s. 155), przez co, jak można sądzić, rozumie sposób, w jaki pojęcie czasoprzestrzeni ma być rozumiane i używane w teorii pola. Drugi przykład to earmanowska analiza konstrukcji OTW. Mianowicie analizował on (1989b, s.180, 201) proces konstrukcji równań pola OTW aby wykazać, że własnościami esencjalnymi punktów czasoprzestrzeni są własności topologiczne i różniczkowe, a nie są takimi własności metryczne.

Do sporu o esencjalność własności metrycznych powrócę w dalszej części mojej pracy, co natomiast wydaje mi się istotne w tym momencie w tym ostatnim rozumowaniu to to, że może być ono wykorzystane do wykazania substancjalności czasoprzestrzeni. Bowiem jakkolwiek Earman popełnia błąd - co starałem się pokazać - przypisując błędnie niektórym polom fizycznym w ramach standardowego podejścia do teorii pola status własności, to jednak słusznie zauważa, że standardowy sposób konstruowania równań pola OTW⁵⁸ polega na skonstruowaniu najpierw różnaitości różniczkowej, wyposażonej w strukturę topologiczną i różniczkową, i późniejszym wprowadzeniu na tej różnaitości pól tensora metrycznego g i tensora energii-pędu T . Zasadniczym celem, jaki sobie przy tym stawia jest udowodnienie tezy, iż własnościami esencjalnymi punktów czasoprzestrzeni są własności topologiczne i różniczkowe a nie są takimi własności metryczne. Ma tego dowodzić, jego zdaniem, fakt, iż przypisywanie punktom czasoprzestrzeni obiektów geometrycznych zakłada, że identyczność i indywiduacja tych punktów jest już ustanowiona, w przeciwnym bowiem razie operacja wprowadzania pól fizycznych na różnaitości M nie miałaby sensu. Rozumowanie earmanowskie można wykorzystać do udowodnienia substancjalności czasoprzestrzeni, jeżeli zauważymy, że niezależnie od faktu, czy pola fizyczne są własnościami, czy też nie, i niezależnie od tego, czy własności metryczne będziemy uważali za własności esencjalne, czy też nie, przypisywanie punktom czasoprzestrzeni pól obiektów geometrycznych, takich

⁵⁸ Por. np. Koczyński, Trautman (1981), Hawking, Ellis (1973).

jak np. tensor energii-pędu T , świadczy o tym, że identyczność i indywidualizacja punktów czasoprzestrzeni jest już ustanowiona. Punkty czasoprzestrzeni wprowadzone są do teorii jako pierwsze, nie jako własności nie wprowadzonych jeszcze pól fizycznych, nie ulega zatem wątpliwości, że punktom czasoprzestrzeni należy przyznać status indywidualów.

Zaletą powyższej argumentacji jest to, że nie przyjmuje się tutaj kontrowersyjnego założenia mówiącego, że pola fizyczne są własnościami czasoprzestrzeni, nie jest tu nawet potrzebne założenie, że pole tensora metrycznego jest własnością czasoprzestrzeni. Zakłada się w tym rozumowaniu natomiast to, że przy określaniu statusu ontologicznego wielkości fizycznych występujących w danej teorii musimy wziąć pod uwagę to, jak dana teoria jest budowana i wykorzystywana przez jej użytkowników. Chciałbym podkreślić, że nie jest to założenie przyjęte *ad hoc* na potrzeby powyższego rozumowania. Właściwie rozumiany realizm naukowy musi brać pod uwagę to, jak teoria naukowa jest rozumiana przez naukowców, to nie filozof określa standardy rozumienia wielkości fizycznych występujących np. w równaniach Einsteina. Jedynie uważna analiza sposobu, w jaki dana wielkość fizyczna funkcjonuje w pewnej teorii może pomóc nam w ustaleniu jej statusu ontologicznego a tu konieczne - przynajmniej w niektórych przypadkach - może okazać się badanie sposobu, w jaki wielkość ta wprowadzona jest do teorii. Tego typu rozważania mogą nam pozwolić ustalić, czy wielkość ta jest wprowadzona do teorii jako indywidual, czy też jako własność pewnych obiektów. Zaś każdej próbie narzucenia na teorię odmiennej, niestandardowej interpretacji powinien towarzyszyć dowód, że teoria tak interpretowana ma sens i może efektywnie pracować.

Wydaje się zatem, że teoria pola rzeczywiście substancjalizuje czasoprzestrzeń, chociaż niezupełnie w taki sposób, jak chciałby tego Field. Jest tak dlatego, że konstruowanie teorii pola, np. OTW, polega na skonstruowaniu najpierw czasoprzestrzeni a następnie przypisywaniu punktom czasoprzestrzeni pól obiektów geometrycznych, takich jak tensor energii-pędu T , co zakłada, że indywidualizacja i identyczność tych punktów jest już ustanowiona.

Jeśli dodatkowo uwzględnić fakt, o którym pisałem wcześniej, iż jedynym polem fizycznym, któremu - jak się zdaje - przysługuje status własności czasoprzestrzeni, jest pole tensora metrycznego, to dochodzi się do wniosku, że z typową postawą fizyka zajmującego się teorią pola związane byłoby stanowisko ontologiczne, które określiłem mianem „umiarkowanej wersji substancjalizmu różnicowości” (rozd. I, § 1), zgodnie z którym status własności przypisuje się tylko polu tensora metrycznego, zaś pozostałe pola dołącza się do zbioru indywidualów. Nie jest natomiast z typową postawą związane stanowisko, które

Earman nazywa substancjalizmem różnorodnościowym (rozd. 1 § 1), a zgodnie z którym wszystkie pola fizyczne traktowane są jako własności czasoprzestrzeni.

Drugi, niezależny od poprzedniego, sposób rozróżnienia różnych wersji substancjalizmu bierze pod uwagę to, czy własności metryczne są własnościami esencjalnymi, czy też nie. Rozróżnienie to okaże się mieć zasadnicze znaczenie wówczas, kiedy rozpatruje się argument dziury. Problem esencjalności własności metrycznych i jego związek z argumentem dziury będę omawiał w następnej części mojej pracy.

Do rozpatrzenia pozostaje jeszcze jeden problem; czy można w oparciu o przyjęte przeze mnie kryteria (założenie realizmu naukowego wraz kryteriami budowy i efektywnego funkcjonowania teorii) zinterpretować teorię pola w duchu relacjonizmu lub atrybutywizmu. Zwolennicy takiej opcji mają do wyboru dwie drogi: mogą starać się pokazać, że da się zrekonstruować teorię pola wychodząc od bazowego zbioru indywiduów, którymi byłyby zdarzenia fizyczne (np. zdarzenia polowe) oraz własności lokalizacji relatywnej (czyli pewnych relacji) lub bezwzględnej tych zdarzeń, lub też powinni zbudować alternatywną w stosunku do istniejącej teorię pola, która wychodziłaby właśnie od wspomnianego wyżej bazowego zbioru indywiduów (zdarzeń fizycznych) i ich własności. Obie te możliwości wydają się być jednak równie mało obiecujące.

Zwolennik pierwszego z wymienionych sposobów musi uporać się z dwiema - co najmniej - trudnościami. Pierwsza z nich to istnienie pustych rozwiązań de Sittera równań pola OTW, które przedstawiają świat pusty (tensor energii-pędu $T_{ik}=0$). Zwolennik niesubstancjalistycznej interpretacji teorii pola będzie miał poważne kłopoty z ustaleniem, własnością czego jest czasoprzestrzeń w tego typu rozwiązaniach. Będzie on musiał zapewne odrzucić te rozwiązania jako нефizyczne, ale cena jaką za to zapłaci - odrzucenie pewnej części współczesnej kosmologii - jest dość wysoka. Druga trudność - co wynika z przeprowadzonej przez Earmana (1989b, s. 194 - 195) krytyki konstruktywistycznej wersji relacjonizmu - jest być może jeszcze poważniejsza. Earman analizuje taką wersję relacjonizmu jako jedną z możliwych reakcji na argument dziury - reakcją, która ma uratować determinizm teorii ogólnie współzmienniczych, takich jak na przykład OTW.

Earmanowska krytyka konstruktywistycznej wersji relacjonizmu wygląda następująco. Rozpatrzmy możliwy proces rekonstrukcji teorii pola, wychodzący od bazowego zbioru indywiduów, którym jest zbiór zdarzeń fizycznych E , wyposażony w pewne relacje, jako które można wybrać (idąc w ślady szkoły Reichenbacha) np. relacje poprzedzania czasowego T , przyczynowego C i - powiedzmy - koincydencji czasoprzestrzennej K . Trudności rozpoczynają się już na samym początku; powinno nim być wyjście od *plenum* zdarzeń

fizycznych. Co to znaczy plenum dla substancjalisty, dobrze wiemy - zdarzenia fizyczne powinny pokrywać całą czasoprzestrzenną rozmaitość M . Ale jak ma to wyrazić przeciwnik substancjalizmu w przyjętym przez siebie języku zdarzeń i relacji pomiędzy nimi, bez wprowadzania tylnymi drzwiami dobrze rozwiniętej teorii czasoprzestrzennej rozmaitości różniczkowej? Może on np. spróbować stopniowo odtwarzać strukturę rozmaitości różniczkowej poprzez następujące kolejne operacje:

1. Wprowadzenie punktów p czasoprzestrzeni P (np. jako klas równoważności relacji koincydencji czasoprzestrzennej K ; $p = [e]_K$, $e' \in [e]_K \equiv K(e, e')$, gdzie $e, e' \in E$ zaś $[e]_K$ jest klasą równoważności relacji K).
2. Wprowadzenie na zbiorze P tak określonych punktów czasoprzestrzeni relacji podobnych do tych, które są określone na zbiorze zdarzeń E (relacja danego typu - np. poprzedzania czasowego T_p - zachodzi pomiędzy dwoma punktami czasoprzestrzeni $p_1, p_2 \in P$, czyli $T_p(p_1, p_2)$, wtedy i tylko wtedy, gdy relacja T zachodzi pomiędzy dwoma dowolnymi elementami $e_1 \in p_1, e_2 \in p_2$ odpowiednich klas równoważności, czyli $T(e_1, e_2)$).
3. Wprowadzenie topologii na zbiorze punktów czasoprzestrzeni P (np. jako topologii indukowanej na P przez wzięcie jako bazy zbiorów otwartych zbiorów postaci $I^+(p) \cap I^-(q)$, gdzie $p, q \in P$, $I^+(p) \equiv \{p' \in P: T_p(p, p')\}$, $I^-(q) \equiv \{q' \in P: T_p(q', q)\}$).

Wprowadzenie struktury różniczkowej do takiej przestrzeni topologicznej punktów czasoprzestrzeni wydaje się niemożliwe bez popadania w błędne koło; przestrzeń topologiczna nie musi być spójna czyli - odwołując się do intuicji - nie musi być ciągła (może być np. dyskretna), tymczasem do wprowadzenia struktury różniczkowej potrzebna jest przynajmniej ciągłość. Aby zatem wprowadzić strukturę rozmaitości różniczkowej trzeba założyć, że zbiór zdarzeń fizycznych E tworzy plenum - i to czasoprzestrzenne - czyli to, do czego chcieliśmy dojść. Procedura taka grozi w ten sposób wpadnięciem w błędne koło. Wprowadzenie monadycznych własności czasoprzestrzennej lokalizacji zdarzeń niczego nie zmienia na lepsze w powyższym rozumowaniu. W każdym razie ciężar dowodu, że można odtworzyć OTW wychodząc od zbioru zdarzeń fizycznych E , w tym m.in. że można wyrazić czasoprzestrzenną ciągłość w języku relacjonisty, czy też języku zwolennika atrybutywizmu, spoczywa na zwolennikach tych stanowisk ontologicznych.

Jeżeli chodzi o drugi człon alternatywy, przed którą stoi przeciwnik substancjalizmu - zbudowanie alternatywnej teorii pola, która wychodziłaby od bazowego zbioru zdarzeń - to autor niniejszej pracy nie zna żadnej udanej próby takiej realizacji. Będę chciał pokazać w dalszej części mojej pracy (rozd. IV), że nie można również za udaną niesubstancjalistyczną

interpretację teorii pola uznać propozycji Earmana, bazującej na idei Gerocha zbudowania nowej wersji OTW, wyrażonej w języku algebr Einsteina.

LITERATURA

- Adams, R. M. (1979): „Primitive thisness and primitive identity”, *The Journal of Philosophy*, 76, s. 5 - 26.
- Augustynek, Z. (1994): „Z ontologii czasoprzestrzeni”, *Filozofia nauki*, 6, s.5-13.
- Barbour, J. B. (1974): „Relative - Distance Machian Theories”, *Nature*, 249, s.328-329, errata *Nature*, 250, s.606.
- Barbour, J. B., Bertotti, B (1977): „Gravity and Inertia in a Machian Framework”, *Nuovo Cimento*, 38B, s.1-27.
- Berkeley, G. (1752): *De motu*, w: *De motu and the Analyst*, red. i tł. D. M. Jesseph, Dordrecht, Kluwer Academic Press, 1992.
- Bondi, H. (1965): *Kosmologia*, Warszawa, PWN.
- Butterfield, J. (1987): „Substantivalism and Determinism”, *International Studies in the Philosophy of Science*, Vol. 2, No. 1, s. 10 - 32.
- Butterfield, J. (1989): „The Hole Truth”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 40, s.1 - 28.
- Crawford, F. S., Cresti, M., Good, M. L., Gottstein, K., Lyman, E. M., Solnitz, F. T., Stevenson, M. L., Ticho, H. K. (1957): „Detection of Parity Nonconservation in Λ Decay”, *Physical Review*, 108, s. 1102 - 1103.
- Earman, J. (1979): „Was Leibniz Relationst?”, w *Studies in Metaphysik*, ed. P. Fench, H. Wettstein, Midwest Studies in Philosophy, vol. 4, Minneapolis, University of Minnesota Press.
- Earman, J. (1986a): „Why Space Is Not a Substance (at Least Not to First Degree)”, *Pacific Philosophical Quarterly*, 67, s. 225 - 244.
- Earman, J. (1986b): *A Primer on Determinism*, Dordrecht, D. Reidel.
- Earman, J. (1989a): „Remarks on Relational Theories of Motion”, *Canadian Journal of Philosophy*, 19, s. 83 - 87.
- Earman, J. (1989b): *World Enough and Space-Time*, Cambridge, MA, MIT Press.
- Earman, J., Norton, J. (1987): „What Price Space-Time Substantivalism? The Hole Story”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 38, s. 515 - 525.
- Einstein, A. (1914a): „Principielles zur verallgemeinerten Relativitätstheorie”, *Physikalische Zeitschrift*, 15, s. 176 - 180.
- Einstein, A. (1914b): „Die Formale Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie”, *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften*.
- Einstein A., Grossman M. (1913): „Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und einer Theorie der Gravitation”, *Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 62, s. 225 - 261.
- Einstein A., Grossman M. (1914): „Kovarianzeigenschaften der Feldgleichungen der auf die verallgemeinerten Relativitätstheorie gegründeten Gravitationstheorie”, *Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 63, s. 215 - 225.
- Einstein, A. (1933): *The Origins of the General Theory of Relativity*, Glasgow, The University Press.
- Einstein, A. (1949). *Autobiographical Notes*. In P. A. Schlipp (red.), *Albert Einstein: Philosopher - Scientist*. Evanstone Illinois: North Western University Press.
- Einstein, A. (1961): *Relativity. The special and General Theory*, New York, Crown Publishers.
- Feynman, R. P., (1974): *Feynmana wykłady z fizyki*, t. 1, cz. 2, Warszawa, PWN.
- Field, H. (1980): *Science without Numbers*, Princeton, Princeton University Press.
- Field, H. (1985): „Can We Dispence with Space-Time”, *PSA 1984*, vol.2, ed. P.D. Asquith, P. Kitcher, East Lansing: Philosophy of Science Association.

- Field, H. (1989): *Realism, Mathematics and Modality*, Oxford, Basil Blackwell.
- Friedman, M. (1973): „Relativity Principles, Absolute Objects, and Symmetry Group”, w *Space, Time, and Geometry*, red. P. Suppes, Dordrecht, D. Reidel.
- Friedman, M. (1983): *Foundation of Space-Time Theories*, Princeton, Princeton University Press.
- Geroch, R. (1972): „Einstein Algebras”, *Communication in Mathematical Physics*, 26, s. 271-279.
- Gołosz, J. (1997): „O pewnym argumencie na rzecz substancjalizmu”, *Filozofia Nauki*, nr 3, s. 15 - 27.
- Gołosz, J. (1999): „On Field’s Argument for Substantivalism”, *International Studies in the Philosophy of Science*, 1, 5-15.
- Gołosz, J. (2000): „O tzw. argumencie dziury”, *Filozofia Nauki*, 1, 35-72.
- Hawking, S.W., Ellis, G.F.R. (1973): *The Large Scale Structure of Space-Time*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Heller, M. (1991): *Osobliwy Wszechświat*, Warszawa, PWN.
- Heller, M. (1993): *Fizyka ruchu i czasoprzestrzeni*, Warszawa, PWN.
- Hofer, C., Ray, C. (1992): Review of Earman (1989), *British Journal for the Philosophy of Science*, 43, s.573-580.
- Hooker, C.A. (1971): „The Relational Doctrines of Space and Time”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 22, s. 97-130.
- Horwich, P. (1978): „On the existence of Times, Space, and Space-Times”, *Nous*, 12, s. 396-419.
- Infeld, L., Plebański, J. (1960): *Motion and Relativity*, Oxford - Warszawa, Pergamon Press - PWN.
- Kant I. (1768): „Von dem ersten Grunde des Unterschiedes der Gegenden im Raume”, *Vorkritische Schriften*, t. 2, red. Artur Buchenau, Ernst Cassirer, Berlin, 1912.
- Kopczyński, W., Trautman, A. (1981): *Czasoprzestrzeń i grawitacja*, Warszawa, PWN.
- Kripke, S. (1980): *Naming and Necessity*, Oxford, Basil Blackwell.
- Leibniz, G. W. (1969): Polemika z S. Clarke’iem, w: *Wyznanie wiary filozofa*, Warszawa, PWN.
- Lewis, D. (1986): *On the Plurality of the Worlds*, Oxford, Blackwell.
- Mach, E. (1883): *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, 9 Auflage, Leipzig, 1993.
- Maidens, A. (1992): „Review of Earman (1989b)”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 43, s.129-136.
- Malament, D. (1982): Review of Field’s Science without Numbers, *The Journal of Philosophy*, 79, s.523-534.
- Malament, D. (1985): „A Modest Remark about Reichenbach, Rotation and Relativity”, *Philosophy of Science*, 52, s.615-620.
- Maudlin, T. (1990): „Substances and Space-Time: What Aristotle Would Have Said to Einstein”, *Studies in History and Philosophy of Science*, 21, s.531-561.
- Newton, I. (1668?). De Gravitatione. In Hall, A. R., Hall M. B. (Eds.), *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton*. Cambridge: Cambridge University Press (1962).
- Newton, I. (1729): *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, (tł. A. Motte), Berkeley, University of California Press, 1947. Polskie tłumaczenie *Scholium w Zagadnienia Filozoficzne w Nauce*, nr VIII, Kraków 1986.
- Nerlich, G. (1973): „Hands, Knees, and Absolute Space”, *The Journal of Philosophy*, 70, s. 337 - 351.
- Quine, W.V. (1976): *The Ways of Paradox and Other Essays*, Cambridge, MA, Harvard University Press.

- Raine, D. J. (1981): „Mach's Principle and Space-Time Structure”, *Reports on Progress in Physics*, 44, s.1151-1195.
- Raine, D. J., Heller M. (1981): *The Science of Space-Time*, Tucson, Pachart Publishing House.
- Reichenbach, H. (1957): *The Philosophy of Space and Time*, New York, Dover.
- Shutz, B. F. (1995): *Wstęp do ogólnej teorii względności*, Warszawa, PWN.
- Sklar, L. (1976): *Space, Time and Spacetime*, Berkeley, University of California Press.
- Stachel, J. (1986): „What a Physicist Can Learn from the Discovery of General Relativity”, *Proceedings of the Fourth Marcel Grossman Meeting on Recent Development in General Relativity*, ed. R.Ruffini, Amsterdam, North Holland.
- Teller, P. (1991): „Substance, Relations and Arguments about the Nature of Space-Time”, *The Philosophical Review*, Vol. C No. 3, s.363-397.
- Toretti, R. (1992): „Review of Earman (1989b)”, *The Philosophical Review*, Vol. 101, s. 793-795.
- Wald, R. M. (1984): *General Relativity*, Chicago, University of Chicago Press.