

Jerzy Gołosz

O pewnym argumencie na rzecz substancjalizmu¹

Argument na rzecz substancjalizmu, który jest przedmiotem niniejszej rozprawy, sformułowany został przez H. Fielda (1980, 1985, 1989), a spopularyzowany przez J. Earmana (1986, 1989). Ma on następującą postać: Teoria pola jest teorią, która punktom czasoprzestrzeni przypisuje pewne własności. Własnościami tymi są pola fizyczne. Status ontologiczny własności ma przysługiwać, według Fielda, wszystkim polom fizycznym — z polem elektromagnetycznym łącznie. Ponieważ zaś pola są własnościami punktów czasoprzestrzeni, punkty te muszą istnieć jako indywidua.²

Tego typu rozumowanie zostało wyraźnie przedstawione dopiero w późniejszych pracach Fielda (1985, 1989). I tak np. w drugiej z wymienionych prac Field pisze (s. 181):

Według mnie teoria pola jest po prostu teorią, która kauzalne własności przypisuje bezpośrednio punktom czasoprzestrzeni lub pewnym obszarom czasoprzestrzeni (a nie ciałom, które zajmują te punkty czy też obszary). [...] Zamiast opisywać i wyjaśniać zachowania materii za pomocą pojęcia pola, tj. własności obszarów czasoprzestrzeni (zajętych lub niezajętych), relacjonistyczna teoria fizyczna musiałaby opisywać i wyjaśniać zachowanie materii za pomocą pojęcia takiego czy innego ciała (np. ciała, o którym substancjalista mógłby intuicyjnie myśleć jako o czymś, co generuje odpowiedni rodzaj pola).

We wcześniejszej pracy Field (1980) dopuszczał jeszcze — jak się zdaje — możliwość, że nie wszystkie pola muszą być własnościami punktów czasoprzestrzeni:

¹ Autor pragnie podziękować Prof. Zdzisławowi Augustynkowi za inspirujące rozmowy, które przyczyniły się do powstania tej pracy, oraz Prof. Józefowi Miśkowi za uwagi, które pozwoliły na wyeliminowanie niektórych wad jej pierwszej wersji. Za wszelkie niedoskonałości tej pracy wyłączną odpowiedzialność ponosi oczywiście jej autor.

² Przyjmuję, podobnie jak to robi np. Earman, że czasoprzestrzeń składa się z punktów. Field natomiast dopuszcza możliwość, że najmniejszymi częściami czasoprzestrzeni są obiekty większe niż punkty. Field, jak również Earman, używają często odmiennej terminologii, zapożyczonej od Quine'a (1976, esej 2), i zamiast mówić o indywiduach mówią o ontologii (w wąskim sensie, ograniczonej do zbioru indywiduów), jako przeciwstawionej ideologii (czyli własnościom denotowanym przez predykaty).

Z platońskiego punktu widzenia pole jest zazwyczaj określane poprzez przypisanie pewnej własności albo pewnej liczby, wektora lub tensora każdemu punktowi czasoprzestrzeni; oczywiście zakłada to, że istnieją punkty czasoprzestrzeni. (Field (1980), s.35) .

Ale już w tej samej pracy Field stwierdzał, że

mówiąc po platońsku, pole [elektromagnetyczne] jest po prostu przypisaniem własności punktom lub obszarom czasoprzestrzeni.³

W przedstawionym tu rozumowaniu przyjmuje się, że substancjalizm jest poglądem, zgodnie z którym punkty czasoprzestrzeni istnieją (jako indywidua), zaś antysubstancjalistyczne stanowiska, tj. relacjonizm i atrybutywizm,⁴ taką możliwość odrzucają. Atrybutywizm, poza negacją istnienia punktów czasoprzestrzeni jako indywiduów, uznaje dodatkowo istnienie takich monadycznych własności czasoprzestrzennej lokalizacji obiektów, które są nieredukowalne do własności relacyjnych. Natomiast relacjonizm głosi, że wszelkie czasoprzestrzenne własności są z natury relacyjne (wyrażane przez relacje dwu- lub więcej członowe). Zauważmy również, że argumentacja Fielda zakłada *implicite* realizm naukowy, polegający na uznawaniu istnienia tych bytów, do których w nieeliminowalny sposób odnoszą się czy też po których kwantyfikują najlepsze teorie naukowe (w tym wypadku teoria pola). Ktoś, kto nie stoi na gruncie realizmu naukowego, nie będzie się przejmował tym, jak funkcjonują współczesne teorie fizyczne z teorią pola łącznie.

Field przedstawia swój argument bez żadnego uzasadnienia, nic zatem dziwnego, że znalazł on wielu krytyków (np. Malament (1982), Teller (1991), Hoeyer i Ray (1992)). Zwracają oni uwagę na to, że przynajmniej niektóre pola fizyczne są nośnikami energii i jako takie mogą być potraktowane jako substancje. Co więcej, niektórzy (por. np. Teller (1991)) twierdzą nawet, że możliwa jest relacjonistyczna interpretacja teorii pola:

Zamiast przypisywać energię-masę w formie pola punktom substancjalnej czasoprzestrzeni, możemy zgodnie z niniejszą propozycją przypisywać relatywną lokalizację czasoprzestrzenną polu — energii-masie w formie pola elektromagnetycznego, pola gęstości masy lub tp. Relatywna lokalizacja jest właśnie relacyjną własnością, to jest czasoprzestrzenną relacją odniesioną do pewnego rozpatrywanego toru (Teller (1991), s. 382).

Można sobie również wyobrazić idącą w tym samym kierunku interpretację teorii pola w duchu atrybutywizmu: punkty czasoprzestrzeni byłyby wówczas traktowane jako własności bezwzględnej (tzn. nie zrelatywizowanej do innych położeń) lokalizacji pól fizycznych.

W niniejszej pracy chciałbym uzasadnić pogląd, że obie skrajne interpretacje teorii pola są niewłaściwe; zarówno ta, która traktuje wszystkie pola fizyczne jako własności czasoprzestrzeni, jak i ta, która interpretuje tę teorię w duchu relacjonizmu czy też

³Zob. Field (1980), s.114. Alternatywą dla platońskiego podejścia do fizyki, o którym jest mowa w dwóch ostatnich cytatach, jest nominalistyczna interpretacja fizyki, którą Field próbuje rozwijać w swoich pracach. Koncepcją tą, podobnie jak inną, nie mniej kontrowersyjną ideą Fielda, zgodnie z którą punkty czasoprzestrzeni mogą ze sobą oddziaływać, nie będąc w tej pracy zajmował (por. Malament (1982), Augustynek (1994)).

⁴Idąc za radą J. Miśka tłumacząc Earmanowski termin *property view* przez *atrybutywizm*. To samo stanowisko ontologiczne Field określa terminem *monadyzm (monadicism)* za Horwichem ((1978), „On the Existence of Time, Space and Space-Time”, *Nous*, 12, s.397-419), który, jak się wydaje, jako pierwszy zauważył możliwość jego sformułowania. Por. Earman (1989), s. 12-14, Field (1989), s. 175.

atrybutywizmu. Teoria pola rzeczywiście substancjalizuje czasoprzestrzeń, chociaż niezupełnie w taki sposób, jak chciałby tego Field i podążający tą samą drogą Earman. Można mianowicie pokazać na prostych przykładach, że argumentacja Fielda prowadzi do paradoksalnych konsekwencji, na które Earman zapewne nie chciałby się zgodzić. (Field — można odnieść wrażenie — paradoksalnymi konsekwencjami swoich poglądów nie zwykł się przejmować.) Można również pokazać, modyfikując argumentację rozwiniętą przez Earmana przy innej okazji,⁵ błędność drugiej skrajnej interpretacji teorii pola.

Na to, że Earman przyjmuje pogląd Fielda, zgodnie z którym wszystkie pola fizyczne w teorii pola uznawane są za własności czasoprzestrzeni, wskazują różne ustępy jego prac.⁶ Najważniejsze z nich dotyczą tzw. substancjalizmu różnaitościowego (*manifold substantivalism*) (Earman (1989), s. 155, 180), który jest, zdaniem Earmana, jedyną funkcjonującą obecnie formą substancjalizmu i jednocześnie ma reprezentować typowe podejście fizyka zajmującego się teorią pola do czasoprzestrzeni. Według tej wersji substancjalizmu, czasoprzestrzeń M , która jest różnaitością różniczkową, funkcjonuje w teorii pola jako *bazowa substancja, to jest bazowy obiekt predykcji* (Earman (1989), s. 155), jeżeli zaś chodzi o pola fizyczne, to *wyduje się, że pole elektromagnetyczne i właściwie wszystkie pola fizyczne muszą być konstruowane jako stany M* (Earman (1989), s. 155).

Z taką interpretacją teorii pola, jaką proponują Earman i Field trudno się zgodzić ze względu na niepożądane konsekwencje, do jakich ona prowadzi. Tą niepożądaną konsekwencją jest traktowanie cząstek elementarnych, czy nawet większych obiektów, jako własności czasoprzestrzeni. Jest to stanowisko, które Earman nazywa „supersubstancjalizmem”. Zgodnie z tym stanowiskiem jedynymi indywiduami są punkty przestrzeni, czy też — przy bardziej nowoczesnym podejściu — punkty czasoprzestrzeni (Earman (1989), s.115). Rozważmy dwa przykłady. W modelach kosmologicznych tensor energii-pędu T jest tensorem energii-pędu materii kosmicznej. W prostym modelu przyjmuje się np., że materia kosmiczna jest pyłem, którego cząsteczkami są gromady galaktyk.⁷ Jeżeli więc Field i Earman chcą ujmować wszystkie pola fizyczne — w tym również pole tensora energii-pędu — jako własności czasoprzestrzeni, to ze względu na równoważność masy i energii musimy uznać galaktyki za własności czasoprzestrzeni. Z kolei w kwantowej teorii pola cząstki traktowane są jako kwanty pola, zaś oddziaływania fizyczne przenoszone są za pośrednictwem takich cząstek — kwantów pól; np. oddziaływania silne przenoszone są za pośrednictwem gluonów, oddziaływania słabe — za pośrednictwem cząstek W , a oddziaływania elektromagne-

⁵ Jest to argumentacja na rzecz tezy, iż własnościami esencjalnymi punktów czasoprzestrzeni są własności topologiczne i różniczkowe.

⁶ Jak Field słusznie podkreśla *zwyczajowa prezentacja tych teorii* [teorii pola — J.G.] *traktuje pola jako własności czasoprzestrzeni* (Earman (1986), s. 243). Por. również Earman (1989), s. 155, 201.

⁷ Por. np. Kopczyński, Trautman (1981), s. 191.

tyczne — za pośrednictwem fotonów. Traktowanie wszystkich pól fizycznych jako własności czasoprzestrzeni prowadzi zatem również w tym wypadku do niepożądanych konsekwencji, a mianowicie do uznawania cząstek elementarnych za własności czasoprzestrzeni.

Przykłady te pokazują, jak sędzę, że jeżeli nie chcemy popadać w skrajność, którą w tym wypadku jest interpretowanie teorii pola w duchu supersubstancjalizmu, nie powinniśmy traktować wszystkich pól fizycznych jako własności czasoprzestrzeni. Interpretacja taka jest co prawda dopuszczalna logicznie, ale nie jest zgodna ze sposobem, w jaki jest rozumiana i stosowana teoria pola (z wyjątkiem geometrodynamiki). Jak się zdaje, jedynym takim polem, którego statusu jako własności czasoprzestrzeni nie można podważyć, jest pole tensora metrycznego g . Tensor metryczny określa rzeczywiście własności czasoprzestrzeni — tj. jej własności topologiczne, afiniczne oraz metryczne; określa również krzywiznę czasoprzestrzeni.⁸

Wydaje się, że przyczyną uproszczonego podejścia Fielda i Earmana do problemu pola może być zdarzający się niekiedy u filozofów nauki błąd ekwiwokacji. Polega on na tym, że czytając teksty fizyczne, w których występują terminy równobrzmiące lub równokształtne (choć odmiennie znaczeniowo) z pewnymi terminami występującymi w języku filozofii, przypisują oni tym terminom niewłaściwe znaczenie.⁹ Na przykład takie wielkości, 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 predykat jednoargumentowy odnosi się do własności, mogłoby to prowadzić do błędnego wniosku, że pola elektryczne i magnetyczne są własnościami czasoprzestrzeni. Dla fizyka powyższy zapis sygnalizuje tylko tyle, że w punkcie (x, t) natężenia pola elektrycznego i magnetycznego mają wartości E i H , a w żadnym wypadku nie świadczy o tym, że natężenia te są własnościami punktów czasoprzestrzeni. Źródłem traktowania wszelkich pól fizycznych jako własności czasoprzestrzeni może być również błędne utożsamianie modeli matematycznych teorii fizycznych z tym, co w logice nazywamy „modelem semantycznym”. A. Trautman np. (Kopczyński, Trautman (1981), s. 159) zapisuje model matematyczny Ogólnej Teorii Względności (OTW) w postaci:

$(E; g, \text{pole elektromagnetyczne, pole prędkości materii...})$,

gdzie E jest czasoprzestrzenią, g metryką. Potraktowanie takiego modelu jako modelu semantycznego, w którym na pierwszym miejscu stoi zwykle zbiór indywiduów, mogłoby błędnie sugerować, że Trautman jest supersubstancjalistą, podczas gdy zdaje się nie ulegać wątpliwości, że uważa on, podobnie jak inni fizycy relatywiści (wy-

⁸Por. Kopczyński, Trautman (1981), s. 151-152.

⁹Przykładem takiego błędu jest błąd Friedmana ((1983), s. 219-22) w interpretacji terminu *event*. Por. Earman (1989), s. 164.

jąwszy nieliczną grupę zwolenników geometrodynamiki), iż pola fizyczne tego typu, jak pole tensora energii-pędu, istnieją «na własny rachunek» i nie są własnościami czasoprzestrzeni.

Przedstawione tu kłopoty z interpretacją pól fizycznych, jak również podobne trudności z określeniem statusu punktów czasoprzestrzeni, są ilustracją pewnego ogólniejszego problemu. Polega on na tym, że samo przyjęcie realizmu naukowego i kryterium istnienia Quine'a: *istnieć to być wartością zmienną związaną*, nie rozwiązuje automatycznie wszystkich problemów ontologicznych. Jeżeli w jakiejś teorii fizycznej kwantyfikuje się po pewnych zmiennych, to trudno jest podać ścisłe kryterium, które pozwalałoby określić jednoznacznie, które z tych zmiennych są zmiennymi predykatorywymi, a które zmiennymi indywidualnymi. 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 indywidualowej do interpretowania jej jako zmiennej predykatorowej. Zwraca na nią uwagę w odniesieniu do zmiennych czasoprzestrzennych Field:

Jeżeli ktoś przyjmuje substancjalistyczny pogląd, zgodnie z którym kwantyfikuje po ciałach materialnych i obszarach czasoprzestrzennych, a nie kwantyfikuje po własnościach ciał materialnych i obszarach czasoprzestrzeni (choć oczywiście używa predykatów [do mówienia] o ciałach materialnych i obszarach [czasoprzestrzeni]), to nic nie może go powstrzymać przed przemianowaniem obszarów [czasoprzestrzeni] na «własność lokalizacji». (Field (1989), s. 176-177)

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

Istotne jest tylko to, czy obszary czasoprzestrzeni istnieją ponad ciałami materialnymi; nie jest zaś istotne to, czy jeśli istnieją takie obszary, to są uważane za «indywidua» czy «własności». (Field (1989), s. 177)

Z wnioskiem takim trudno się zgodzić. Z faktu, że w 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. Z przykładów, które podałem wyżej wynika, że przy rozstrzygnięciu, co jest indywiduum a co własnością w danej teorii, nie należy kierować się formą zapisu, który stosują fizycy. Można się natomiast kierować tym, jak dana teoria jest konstruowana, rozumiana i stosowana. Jest to kryterium dalekie od precyzji ale — jak się wydaje — nic innego nam nie pozostaje. Ponieważ nie chcemy uprawiać spekulatywnej metafizyki, a pragniemy mówić o tym, co istnieje, pozostawać w zgodzie ze współczesną nauką, decydujemy się na realizm naukowy. To jednak nie znaczy wcale, że możemy interpretować teorie naukowe w sposób dowolny, bez oglądania się na to, jak są one konstruowane i wykorzystywane przez ich twórców i użytkowników, czyli przez naukowców. 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 supersubstancjalizmu). 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.

Aby ustalić status ontologiczny jakiejś wielkości fizycznej w pewnej teorii, powinniśmy zwracać uwagę nie tylko na to, jak dana wielkość funkcjonuje w tej teorii, ale również na to, jak ta teoria jest konstruowana. Badanie sposobu, w jaki dana wielkość jest wprowadzona do teorii naukowej, może również pomóc nam w ustaleniu jej statusu ontologicznego, co może być szczególnie istotne w wypadku, gdy sama analiza funkcjonowania teorii do ustalenia tego statusu nie wystarcza. Sądzę, że z taką właśnie sytuacją mamy do czynienia w interesującym nas problemie statusu ontologicznego punktów czasoprzestrzeni, kiedy to analiza funkcjonowania teorii pola, jak się wydaje, nie ustala jednoznacznie, czy punkty te są indywidualami, czy też własnościami lokalizacji, względnej lub bezwzględnej.

Ciekawej analizy procesu konstruowania OTW, która może być pomocna przy ustalaniu statusu ontologicznego punktów czasoprzestrzeni, dostarcza nam Earman.¹⁰ Jakkolwiek nie analizuje on problemu, w jaki sposób należy rozstrzygać przynależność kategoriałną konkretnych bytów, w praktyce jednak zdaje się kierować kryterium podobnym do tego, które zostało sformułowane wyżej: o statusie ontologicznym wielkości fizycznych rozstrzyga na podstawie tego, jak dana teoria jest konstruowana. Popelnia on jednak błąd — jak starałem się pokazać — przypisując niektórym polom fizycznym w ramach standardowego podejścia do teorii pola status własności. Earman słusznie natomiast zauważa, że standardowy sposób konstruowania równań pola OTW¹¹ polega na skonstruowaniu najpierw czasoprzestrzeni jako rozmaitości różniczkowej, wyposażonej w strukturę topologiczną i różniczkową, a następnie wprowadzeniu na tej rozmaitości pól tensora metrycznego g i tensora energii-pędu T . Zasadniczym celem, który sobie przy tym stawia, jest uzasadnienie tezy, iż własnościami istotnymi punktów czasoprzestrzeni są własności topologiczne i różniczkowe, a nie własności metryczne.¹² Ma o tym świadczyć, jego zdaniem, fakt, iż przypisywanie punktom czasoprzestrzeni geometrycznych obiektów polowych zakłada, że ustalone jest kryterium identyczności tych punktów; w przeciwnym bowiem razie operacja wprowadzania pól fizycznych na rozmaitości M nie miałaby sensu.

Istotne w tym rozumowaniu jest to, że może być ono wykorzystane do wykazania substancjalności czasoprzestrzeni. Otóż niezależnie od faktu, czy pola fizyczne są

¹⁰Earman (1989), s.18, 21.

¹¹Por. np. Kopczyński, Trautman (1981), Hawking, Ellis (1973).

¹²Maudlin (1990) uznaje za własności istotne również własności metryczne. Tego typu poglądy przypisuje także Einsteinowi Stachel (1986).

własnościami, czy też nie, i niezależnie od tego, czy własności metryczne — jeżeli chcemy pole tensora metrycznego uznać za własność czasoprzestrzeni — będziemy uważali za własności istotne, czy też nie, przypisywanie punktom czasoprzestrzeni geometrycznych obiektów polowych takich, jak np. tensor energii-pędu T , świadczy o tym, że kryterium identyczności i indywiduacji punktów czasoprzestrzeni jest już ustalone. Punkty czasoprzestrzeni wprowadzone są do teorii jako pierwsze, nie zaś jako własności nie wprowadzonych jeszcze pól fizycznych, a czasoprzestrzenna różniczkowa, wyposażona we własności topologiczne i różniczkowe, może być sama w sobie przedmiotem badań geometrii różniczkowej. Nie ulega zatem wątpliwości, że punktom czasoprzestrzeni należy przyznać, zgodnie z kryterium Quine'a, status indywiduów.

Zaletą powyższej argumentacji jest to, że nie przyjmuje się tutaj spornego założenia, iż pola fizyczne są własnościami czasoprzestrzeni (nie jest tu nawet potrzebne założenie, iż pole tensora metrycznego jest własnością czasoprzestrzeni).¹³ Zakłada się natomiast w tym rozumowaniu to, że przy określaniu statusu ontologicznego wielkości fizycznych występujących w danej teorii musimy wziąć pod uwagę sposób, w jaki dana teoria jest budowana i wyzyskiwana przez jej użytkowników. Chciałbym podkreślić, że nie jest to założenie przyjęte *ad hoc* na potrzeby powyższej argumentacji. Zwolennik realizmu naukowego musi brać pod uwagę to, jak teoria naukowa jest rozumiana przez naukowców, i to, że 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. Konieczne przy tym — przynajmniej w niektórych wypadkach — może okazać się zbadanie sposobu, w jaki wielkość ta wprowadzona jest do teorii. Tego typu rozważania pozwolą ustalić, czy ma być ona indywiduum, czy też własnością pewnych obiektów.

Wydaje się zatem, że teoria pola rzeczywiście substancjalizuje czasoprzestrzeń, chociaż niezupełnie w taki sposób, jak wyobrażali to sobie Field i Earman. Z typową postawą fizyka zajmującego się teorią pola związane byłoby stanowisko ontologiczne, będące umiarkowaną wersją substancjalizmu różniczkowego. Substancjalizm różniczkowy daje się bowiem zdefiniować w dwojaki sposób. Można, po pierwsze, włączyć do zbioru własności wszystkie pola — tak, jak zdaje się to robić Earman — co prowadzi do supersubstancjalistycznej wersji tego stanowiska (co nie było raczej intencją Earmana). Można też, po drugie, rozszerzyć zbiór indywiduów o niektóre pola (np. w postaci kwantów pola czy też zdarzeń polowych), a w zbiorze własności pozo-

¹³ Mogłoby się wydawać, że argumentacja Fielda obowiązuje przy osłabionych założeniach, zgodnie z którymi 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 jest np. własnością drugiego rzędu, tj. własnością tej własności świata materialnego, którą jest czasoprzestrzeń).

stawić tylko pole tensora metrycznego. Otrzymujemy w ten sposób umiarkowaną wersję substancjalizmu rozmaitościowego, która jest zgodna, moim zdaniem, z nastawieniem większości fizyków, zajmujących się teorią pola.

Do rozpatrzenia pozostaje jeszcze jeden problem: jaki sposób argumentacji powinni przyjąć zwolennicy interpretacji teorii pola w duchu relacjonizmu lub atrybutywizmu, aby wykazać słuszność swojego stanowiska ontologicznego. Otóż mają oni 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. Mogą też starać się 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 wyglądają jednak na 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, czego własnością jest czasoprzestrzeń w tego typu rozwiązaniach. Będzie on musiał zapewne odrzucić te rozwiązania jako нефизyczne, ale cena jaką za to zapłaci — odrzucenie pewnej części współczesnej kosmologii — jest dość wysoka. Druga trudność — wskazuje na nią Earman ((1989), s. 194-195) — jest być może jeszcze poważniejsza. Rozpatrzmy możliwy proces rekonstrukcji teorii pola, wychodzący od bazowego zbioru indywiduów, którym jest zbiór zdarzeń fizycznych E , wyposażony w pewne relacje, np. w relacje poprzedzania czasowego T , przyczynowego C i — powiedzmy — koincydencji czasoprzestrzennej K . Trudności rozpoczynają się już w punkcie wyjścia, który stanowi plenum zdarzeń fizycznych. Co to znaczy plenum dla substancjalisty — to dobrze wiemy: zdarzenia fizyczne muszą 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?

Można by 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);

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_s — zachodzi pomiędzy dwoma punktami czasoprzestrzeni P , jeśli relacja T zachodzi pomiędzy dwoma dowolnymi elementami odpowiednich klas równoważności);

3. wprowadzenie topologii na zbiorze punktów czasoprzestrzeni P (np. jako topologii indukowanej na P przez wzięcie jako bazy zbiorów otwartych zbiorów postaci $\Gamma^+(p) \cap \Gamma(q)$, gdzie $p, q \in P$, $\Gamma^+(p) = \{p' \in P: T_s(p, p')\}$, $\Gamma(q) = \{q' \in P: T_s(q', q)\}$).

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 różniczkowej trzeba założyć, że zbiór zdarzeń fizycznych E tworzy plenum — i to czasoprzestrzenne — czyli to, do czego chcieliśmy dojść. Procedura taka grozi wpadnięciem w błędne koło. W każdym razie ciężar dowodu, że można odtworzyć OTW wychodząc od zbioru zdarzeń E , oraz że można wyrazić czasoprzestrzenną ciągłość w języku relacjonisty, czy też języku zwolennika atrybutywizmu, spoczywa na zwolenniku danego stanowiska ontologicznego.

Jeżeli chodzi o drugi człon alternatywy, przed którą stoi przeciwnik substancjalizmu — zbudowanie teorii pola, która wychodziłaby od bazowego zbioru zdarzeń — to autor niniejszej pracy nie zna żadnej udanej próby takiej realizacji. Tu także możemy pozostawić inicjatywę w rękach przeciwników substancjalizmu.

Nie można również za udaną niesubstancjalistyczną interpretację teorii pola uznać — przynajmniej na obecnym etapie — propozycji Earmana,¹⁴ bazującej na idei R. Gerocha zbudowania nowej wersji OTW, wyrażonej w języku algebr Einsteina, zwanych też przez Earmana *algebrami Leibniza* (Earman początkowo (1986) używał terminu Gerocha *algebra Einsteina*, ale potem (1989) zastąpił go terminem *algebra Leibniza*).

Propozycję tę trudno uznać za udaną z dwóch powodów: po pierwsze, ze względu na niesamodzielność koncepcji Gerocha w stosunku do standardowej wersji OTW; po drugie, ze względu na dosyć dziwaczną konstrukcję ontologiczną, jaką zdaje się implikować ta koncepcja. Zdaniem Earmana stanowisko ontologiczne, jakie pociąga za sobą koncepcja Gerocha, byłoby stanowiskiem pośrednim pomiędzy substancjalizmem i relacjonizmem (Earman (1986) określa je terminem *first-degree non-substantialism*). *Algebrą Leibniza* nazywa Earman strukturę algebraiczną, która jest reprezentowana przez klasę modeli OTW, połączonych równoważnością Leibniza: dwa modele $\langle M, O_1, O_2, \dots \rangle$ i $\langle M', O'_1, O'_2, \dots \rangle$ (gdzie M i M' są czasoprzestrzennymi różniczkowymi

¹⁴ Jak starałem się pokazać, Earman uważa standardową wersję teorii pola za substancjalną i podejmuje wysiłek stworzenia nie-substancjalnej teorii pola nie z powodu uprzedzenia do substancjalizmu. Głównym celem Earmana jest chęć uratowania determinizmu OTW; przy substancjalnej interpretacji czasoprzestrzeni OTW jest — według Earmana — indeterministyczna, czego dowodzić ma tzw. *hole argument* (Earman, Norton (1987), Earman (1986, 1989)). Cena, jaką płaci Earman za próbę uratowania determinizmu jest, jak sądzę, zbyt wysoka. Earman chętnie powtarza, że relacjoniści *dają więcej obietnic niż zupełnych teorii* (np. Earman (1989), s. 195). Kiedy jednak sam podejmuje próbę stworzenia koncepcji nie-substancjalistycznej, zdaje się być mniej wymagający.

kowymi a O_i i O'_i geometrycznymi obiektami polowymi) są równoważne w sensie Leibniza, jeżeli istnieje dyfeomorfizm $d: M \rightarrow M'$, taki że $d^*O_i = O'_i$ dla każdego i (gdzie d^* oznacza odwzorowanie indukowane przez d). Ponieważ rozwiązania równań Einsteina pola grawitacyjnego przy pewnych zadanych warunkach początkowych określone są z dokładnością do dyfeomorfizmu, wszystkie takie rozwiązania należą do tej samej klasy równoważności Leibniza. To właśnie algebry Leibniza mają, według Earmana, charakteryzować bezpośrednio rzeczywistość fizyczną, zaś różne elementy odpowiedniej klasy równoważności Leibniza mają być tylko różnymi reprezentantami tej samej realności. Ponieważ Earman stoi na gruncie realizmu naukowego, podstawą do ontologicznej tezy, że to właśnie pewna klasa modeli (czyli pewna algebra Leibniza) a nie poszczególne modele odpowiadają rzeczywistości fizycznej, może być tylko konstrukcja teorii, wyrażonej w języku algebr Leibniza. Opierając się na koncepcji Gerocha (1972), Earman pokazuje, jak taka teoria może być skonstruowana.

Koncepcja ta, przedstawiona w skrócie, wygląda następująco. Geroch oraz Earman wychodzą od kilku pierścieni funkcji o różnych własnościach (ciągłych, ograniczonych, ciągłych, gładkich oraz stałych z operacjami punktowego dodawania i mnożenia), które mają wartości rzeczywiste, a określone są — co bardzo istotne — na rozmaitości czasoprzestrzennej M . Mając takie pierścienie można odrzucić służącą do ich konstrukcji czasoprzestrzenną rozmaitość M i potraktować je jako istniejące «na własny rachunek». Ponieważ cały aparat matematyczny teorii względności daje się zapisać w języku odnoszącym się do pewnych operacji na funkcjach, określonych na rozmaitości, która posłużyła do konstrukcji pierścieni,¹⁵ można próbować odtworzyć go za pomocą pojęć podobnych operacji na pierścieniach funkcji, już jako tworach samodzielnych. Algebraiczną strukturę, która powstaje w wyniku odrzucenia czasoprzestrzeni nazywa Earman właśnie *algebrą Leibniza*, a cała powyższa konstrukcja ma prowadzić do wyrażenia OTW w języku algebr Leibniza. Algebry takie mogą z kolei być *realizowane* (lub *reprezentowane*) na zadanej przestrzeni, reprezentującej czasoprzestrzeń (tj. może zostać odtworzona pełna struktura pierścieni funkcji określonych ponownie na pewnej przestrzeni) w postaci standardowego modelu $\langle M, g, T \rangle$. *Realizacja* taka może przebiegać na różne sposoby, ale różne modele reprezentujące tę samą algebrę Leibniza mają być równoważne w sensie Leibniza, ze względu na izomorfizm pierścieni funkcji *realizowanych* na różnych bazowych przestrzeniach, reprezentujących czasoprzestrzeń.

¹⁵ I tak np. pochodną można określić jako odwzorowanie $\xi: S \rightarrow S$ (gdzie S jest pierścieniem wszystkich funkcji gładkich, określonych na rozmaitości M o wartościach rzeczywistych), spełniające następujące warunki (dla $f, g \in S$):

$$(i) \xi(f + g) = \xi(f) + \xi(g)$$

$$(ii) \xi(fg) = \xi(f)g + f\xi(g)$$

$$(iii) \xi(f) = 0, \text{ jeżeli } f \text{ jest funkcją stałą.}$$

Zbiór D odwzorowań, spełniających powyższe warunki tworzy gładkie, kontrawariantne pole wektorowe na rozmaitości M . Pole tensorowe rzędu n można wtedy zdefiniować jako wieloliniowe odwzorowanie (n -argumentowe) $\alpha: D \times \dots \times D \rightarrow S$ (por. Geroch (1972), s. 272).

Problem z przedstawioną tu koncepcją Earmana polega na tym, że Earman stoi na gruncie realizmu naukowego, a więc musi uznawać istnienie bytów postulowanych przez teorię, którą chce się posługiwać. W pierwszym i nieeliminowalnym — co sam przyznaje — kroku swojej konstrukcji Earman wychodzi od pewnych funkcji, określonych na różnaitości czasoprzestrzennej i tym samym przyznaje istnienie punktom czasoprzestrzeni. Krok ten jest niemożliwy do wyeliminowania, ponieważ w koncepcji Gerocha i Earmana nie operuje się na pierścieniach dowolnych obiektów (którymi mogą być np. liczby całkowite czy wielomiany), ale na pierścieniach funkcji, i to o ściśle określonych własnościach, m.in. ciągłych i różniczkowalnych. Pierścień funkcji ciągłych ma określać topologię na czasoprzestrzeni M , która jest bazą dla konkretnego modelu reprezentującego daną algebrę Leibniza. Pierścień funkcji gładkich (nieskończenie wiele razy różniczkowalnych) ma z kolei określać strukturę różniczkową M . Wprowadzić funkcje ciągłe i różniczkowalne można tylko dysponując uprzednio czasoprzestrzenną różnaitością M i definiując te funkcje oraz ich własności na tej różnaitości.

Bez tego nie da się ani zdefiniować pojęcia pochodnej, jako pewnego odwzorowania określonego na zbiorze funkcji gładkich, ani udowodnić równoważności w sensie Leibniza różnych modeli reprezentujących daną algebrę Leibniza (m.in. ze względu na niezdeteminowanie struktury topologicznej i różniczkowej). Prawdopodobnie nie można nawet powiedzieć, co to znaczy „reprezentować daną algebrę w konkretnej czasoprzestrzeni M ”. W dodatku, jak się wydaje, wszelkie przewidywania wyprowadzone z danej teorii, również tej proponowanej przez Gerocha, muszą dotyczyć konkretnych punktów (lub rejonów) czasoprzestrzeni, co zakłada możliwość odniesienia obiektów, będących elementami danej algebry Leibniza (pewnego pierścienia funkcji), do punktów (lub rejonów) czasoprzestrzeni.

Kiedy w drugim kroku swojej konstrukcji Geroch i Earman «unicestwiają» punkty czasoprzestrzeni, odrzucając czasoprzestrzeń M , wprowadzają tym samym do ontologii swojej teorii coś, co Earman trafnie określa mianem *ducha czasoprzestrzeni substancjalnej* (Earman (1986), s. 24, (1989), s.193). Ontologia, w której pewne obiekty najpierw występowały, a potem przestały istnieć, spełniwszy swą rolę, jest trudna do zaakceptowania chociażby ze względu na nieistnienie odpowiednich kategorii pojęciowych, potrzebnych do opisu tego typu bytów. Być może Earman powinien wprowadzić do swojej ontologii poza kategoriami indywiduów i własności jakiejś inne kategorie ontologiczne w rodzaju kategorii bycia pra-elementem.

Konstrukcja przedstawiona wyżej stałaby się zadowolająca wtedy, gdyby Gerochowi i Earmanowi udało się stworzyć teorię wyrażoną w języku algebr Leibniza bez posługiwania się funkcjami określonymi na różnaitości czasoprzestrzennej M . Musiałaby to być przy tym teoria, która jest w stanie samodzielnie funkcjonować, a nie tylko odtwarzać rezultaty osiągnięte w inny sposób. Teoria, która *de facto* pasożytuje na pewnej innej teorii (standardowej wersji OTW), nie może być bowiem podstawą do ustalania ontologii. Nic nie wskazuje na to, aby teoria Gerocha miała zacząć wieść

samodzielną żywoć i aby mogła prowadzić do jakichś przewidywań, których nie dałoby się osiągnąć w standardowej wersji OTW. Natomiast o samej ontologicznej koncepcji Earmana można powiedzieć, że swoje niedoskonałości dziedziczy po teorii Gerocha. Propozycja Gerocha i Earmana stanowi co najwyżej projekt, który może być podstawą do dalszych badań.

Reasumując, starałem się uzasadnić następujące tezy:

(1) Właściwie rozumiany realizm naukowy polega na tym, że przy ustalaniu statusu ontologicznego wielkości fizycznych występujących w teoriach naukowych bierze się pod uwagę to, jak te teorie są konstruowane i jak funkcjonują.

(2) Analiza procesu konstrukcji teorii pola pokazuje, że punkty czasoprzestrzeni są indywidualami, ale bynajmniej nie dlatego, jak chce Field, że wszystkie pola fizyczne są własnościami punktów czasoprzestrzeni. Jest tak dlatego, że budowanie teorii pola, np. OTW, polega na skonstruowaniu najpierw czasoprzestrzennej różniczkowej, a następnie przypisywaniu punktom czasoprzestrzeni geometrycznych obiektów polowych, co zakłada, że kryterium indywidualacji i identyczności tych punktów jest już ustalone.¹⁶ Zwróćenie uwagi na ten ważny fakt zawdzięczamy Earmanowi — mimo błędu, który popełnił on przy interpretacji statusu ontologicznego niektórych pól fizycznych.

LITERATURA

- Augustynek, Z. (1994), „Z ontologii czasoprzestrzeni”, *Filozofia Nauki*, 6, s. 5-13.
- Earman, J. (1986), „Why Space Is Not a Substance (at Least Not to First Degree)”, *Pacific Philosophical Quarterly*, 67, s. 225-244.
- Earman, J. (1989), *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.
- Field, H. (1980), *Science without Numbers*, Princeton, Princeton University Press.
- Field, H. (1985), „Can We Dispense with Space-Time”, [w:] P.D. Asquith, P. Kitcher (red.), *East Lansing: Philosophy of Science Association, PSA 1984*, vol. 2
- Field, H. (1989), *Realism, Mathematics and Modality*, Oxford, Basil Blackwell.
- 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.
- Hawking, S.W., Ellis, G.F.R. (1973), *The Large Scale Structure of Space-Time*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Hofer, C. & Ray, C. (1992), Review of Earman (1989), *British Journal for the Philosophy of Science*, 43, s.573-58.
- Kopczyński, W., Trautman, A. (1981), *Czasoprzestrzeń i grawitacja*, Warszawa, PWN.
- Malament, D. (1982), Review of Field's *Science without Numbers*, *Journal of Philosophy*, 79, s. 523-534.
- 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.

¹⁶ Idea Fielda z 1980 r., zgodnie z którą pole jest zazwyczaj określane poprzez przypisanie pewnej własności lub pewnej liczby lub wektora lub tensora każdemu punktowi czasoprzestrzeni (s. 35), dawała się rozwinąć w taki właśnie sposób. Sama w sobie jednak, bez dodatkowego założenia, że przy ustalaniu ontologii powinniśmy brać pod uwagę to, jak teoria jest konstruowana, substancjalizmu nie uzasadnia. Przeciwnik substancjalizmu może bowiem replikować dokładnie tak, jak to zrobił Teller w przywołanym wyżej cytacie.

- Quine, W.V. (1976), *The Ways of Paradox and Other Essays*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Stachel, J. (1986), „What a Physicist Can Learn from the Discovery of General Relativity”, [w:] R. Ruffini (red.), *Proceedings of the Fourth Marcel Grossman Meeting on Recent Development in General Relativity*, Amsterdam, North Holland.
- Teller, P. (1991), „Substance, Relations and Arguments about the Nature of Space-Time”, *The Philosophical Review*, Vol.C 3, s. 363-397.