Filozofia Nauki
Rok III, 1995, Nr 3(11)

Zdzisław Augustynek

Obiekty fizyczne[1]

Wstęp

Punktem wyjścia ontologii fizyki są dwa podstawowe pojęcia: *obiektu fizycznego* oraz *obiektu czasoprzestrzennego*. Niniejsze studium prezentuje analizę obu tych pojęć, po to, aby sformułować odpowiednie ich charakterystyki i porównać je ze sobą.

Rozważania te prowadzone będą w zasadzie w ramach ontologii ewentyzmu punktowego — nie stracą przez to jednak na ogólności, a zyskają na precyzji. Jak zobaczymy, analiza dotrze do takich istotnych pojęć ontologii fizyki, jak: *wielkość fizyczna* oraz *prawo fizyczne*. Nie będą one jednak tu bliżej rozpatrywane. Pierwsze z nich jest rozszyfrowane, natomiast drugie stanowi — w każdym razie dla mnie — daleką jeszcze od rozstrzygnięcia zagadkę (zob. np. [van Fraassen, 1990]).

I. Typy obiektów fizycznych

Można i — jak się okazuje — należy uznać, że istnieją trzy typy (rodzaje) obiektów fizycznych: (1) przedmioty, (2) własności i (3) relacje. To samo odnosi się do obiektów czasoprzestrzennych.

Widać stąd, że odróżnia się pojęcia: *obiektu fizycznego* i *przedmiotu fizycznego*: przedmioty fizyczne są obiektami fizycznymi, ale są nimi także własności fizyczne i relacje fizyczne. Fizyka bada wszystkie te typy obiektów fizycznych, a nie tylko przedmioty fizyczne, jak niektórym filozofom (nawet fizyki) się wydaje. Analogicznie sprawa wygląda z obiektami czasoprzestrzennymi: fizyka zajmuje się oprócz przedmiotów czasoprzestrzennych także własnościami czasoprzestrzennymi oraz relacjami czasoprzestrzennymi. Stanowią one różne rodzaje obiektów czasoprzestrzennych. Myślę, że

[1] Praca niniejsza została przygotowana w ramach grantu KBN 1 (H01A 017 08).

w toku rozważań rozwieją się wszystkie wątpliwości, które mogą wystąpić w związku z powyższymi wywodami.

II. Typy własności obiektów fizycznych

Każdy typ obiektów fizycznych charakteryzują pewne własności. Są to własności trzech rodzajów: (1) fizyczne, (2) czasoprzestrzenne i (3) matematyczne (w tym ontyczne). Również każdy typ obiektów czasoprzestrzennych charakteryzują analogiczne własności: fizyczne, przestrzenne i matematyczne.

Rzecz jasna klasy (listy) tych własności są różne dla różnych typów obiektów fizycznych. Przykładowo: pewne własności fizyczne przedmiotów fizycznych różnią się od własności fizycznych własności fizycznych oraz własności fizycznych relacji fizycznych.

Można by oczekiwać, że nasze rozważania rozpoczniemy od ogólnego scharakteryzowania wymienionych wyżej typów własności, tj. własności fizycznych, czasoprzestrzenych i matematycznych. Próby takich charakterystyk odłożymy tymczasem na koniec. Na razie zakładamy *a priori*, na czym polegają owe typy własności i czym różnią się między sobą.

1. Przedmioty fizyczne

Ten typ obiektów fizycznych posiada aż pięć podtypów: (a) zdarzenia punktowe, (b) koincydensy, (c) przekroje czasowe, (d) procesy i przedmioty procesopodobne oraz (e) rzeczy i przedmioty rzeczopodobne.

Na początek — pewne uwagi wyjaśniające. Po pierwsze, zdarzenia punktowe (a) tym między innymi różnią się od pozostałych (b)-(e), że są — według ewentyzmu punktowego — indywiduami (niezbiorami); te pozostałe zaś są pewnymi ich zbiorami. Po drugie, owe zbiory różnią się ze względu na rozciągłość czasową i przestrzenną. Po trzecie wreszcie, procesy i przedmioty procesopodobne oraz rzeczy i przedmioty rzeczopodobne różnią się tym, że pierwsze elementy tych par są kauzalnie zwarte, drugie zaś — tej własności nie posiadają (piszę o tym w: [Augustynek, 1987]).

Cząstki elementarne (i ich konglomeraty) są typu rzeczy; pola fizyczne zaś i świat jako całość mają charakter przedmiotów, które nazwaliśmy „rzeczopodobnymi"; oczywiście, pewne części pól i świata fizycznego są również rzeczami.

1.1 Zdarzenia punktowe

Zdarzenia punktowe są podstawowym — o czym później — podtypem przedmiotów fizycznych oraz w ogóle — obiektów fizycznych. Posiadają one własności: fizyczne, czasoprzestrzenne oraz matematyczne. Zdarzenia oznaczamy tu przez x, y, z, zaś ich zbiór uniwersalny przez S.

Własności fizyczne zdarzeń są następujące: (a) zdarzenia oddziałują fizycznie między sobą — co zapisujemy: $\bigwedge x\, D(x)$, gdzie $D(x) \equiv \bigvee y\, H(x, y)$, przy czym H stanowi tu relację kauzalną symetryczną; (b) zdarzenia stanowią elementy pozostałych przed-

miotów fizycznych (b)-(e) — w nich ufundowane są wszystkie pozostałe obiekty fizyczne: własności i relacje.

Własności czasoprzestrzenne zdarzeń są następujące: (a) zdarzenia są czasoprzestrzennie punktowe, co znaczy, że są one zarówno czasowo, jak i przestrzennie nierozciągłe (w potocznym, niezdefiniowanym sensie); (b) zdarzenia są zlokalizowane czasoprzestrzennie, czyli: $\bigwedge x\ [L_{cp}(x) \equiv \bigvee p\ (x \in p)]$, gdzie relacja $\in$ oznacza zachodzenie zdarzenia x w punkcie czasoprzestrzennym p.

Własności matematyczne zdarzeń są następujące: (a) zdarzenia są według ewentyzmu punktowego indywiduami, czyli niezbiorami mnogościowymi — co zapisujemy: $\bigwedge x\ (x \in I)$, gdzie $I = \overline{Z}$; według terminologii przyjętej w artykule [Augustynek, 1994] jest to ich cecha ontyczna, jak bycie nieindywiduum czyli zbiorem; jako indywidua są właśnie elementami przedmiotów fizycznych (b)-(e); (b) zdarzenia wchodzą między sobą w związki równości logicznej J albo logicznej różności $\overline{J}$, przy czym relacje te są oczywiście ograniczone do zbioru S.

Wymienione wyżej rodzaje własności zdarzeń nie obejmują wszystkich takich własności, a samo pojęcie *zdarzeń punktowych* może budzić wątpliwości. Dlatego konieczne są tutaj pewne komentarze.

Po pierwsze, zdarzenia punktowe są pewnymi idealizacjami. Uważam jednak, że posiadają one wystarczająco aproksymujące je nieidealizacyjne «substytuty», a mianowicie cząstki elementarne krótko żyjące (o rozmiarach: 10^{-13} cm i 10^{-24} sek). Piszę o tym obszerniej w książce [Augustynek-Jadacki, 1993].

Po drugie, jeszcze wcześniej, w pracy [Augustynek, 1987], dowodzę, że istnienie zdarzeń punktowych zakłada szczególna teoria względności. Operuje ona bowiem pojęciem *relacji równoczesności układowej* (R_u), która jest tranzytywna. Taka zaś relacja może zachodzić tylko w zbiorze zdarzeń punktowych.

Wreszcie w odniesieniu do własności oddziaływania (D) i lokalizacji (L_{cp}) nasuwa się pytanie, czy dla zdarzeń nie zachodzi związek postaci $D \subset L$. Wydaje mi się on oczywisty; być może dowód leży na wierzchu — niestety nie potrafię tego wykazać.

Na koniec zapytać można, czy wskazane własności wystarczająco określają zdarzenia punktowe. Myślę, że tak, ale bałbym się powiedzieć, że lista tych własności tworzy definicję zdarzenia punktowego — raczej jest to jego charakterystyka.

1.2 Rzeczy i przedmioty rzeczopodobne

Poza rzeczami i przedmiotami rzeczopodobnymi, do przedmiotów fizycznych, będących również zbiorami zdarzeń, należą jeszcze: procesy i przedmioty procesopodobne oraz przekroje i koincydensy. Otóż te podtypy przedmiotów pominę w niniejszych rozważaniach. Ważniejszymi od nich są rzeczy i przedmioty rzeczopodobne, gdyż obejmują cząstki (pierwsze) i pola fizyczne oraz świat jako całość (drugie).

Własności fizyczne rzeczy i przedmiotów rzeczopodobnych są następujące: (a) przede wszystkim są one zbiorami mnogościowymi zdarzeń, a więc indywiduowych przedmiotów fizycznych; (b) posiadają własności *sensu stricto*, tj. ściśle fizyczne: (α)

rzeczy (cząstki elementarne i ich konglomeraty) — masę, spin, rozmaite ładunki *etc.*, (β) przedmioty rzeczopodobne (pola, świat jako całość) — wielkości fizyczne, które je odpowiednio charakteryzują (wektory E i H pola elektromagnetycznego, potencjał grawitacyjny pola grawitacyjnego *etc.*); (c) oddziałują fizycznie (cząstki oraz części pól fizycznych), tzn. np. dla rzeczy mamy: $\bigwedge a\ D(a)$, gdzie $D(a) \equiv \bigvee b\ H'(a, b)$, przy czym H' stanowi tu relację kauzalną symetryczną, której polem jest zbiór rzeczy lub części przedmiotów rzeczopodobnych, a zatem relacja H' różni się od relacji H, której polem jest zbiór S zdarzeń.

Własności czasoprzestrzenne rzeczy i przedmiotów rzeczopodonych są następujące: (a) rzeczy i przedmioty rzeczopodobne są rozciągłe przestrzennie, ale — dodajmy — jako zbiory zdarzeń; owe cechy są zdefiniowane w artykule [Augustynek, 1987]; (b) omawiane przedmioty są także zlokalizowane czasowo i przestrzennie w odpowiednich obszarach czasoprzestrzennych (z tym, że mówiąc o lokalizacji pól, mamy na myśli ich ograniczone części i to samo dotyczy świata jako całości); zapisuje się to tak: $\bigwedge a\ L_{cp}(a)$, gdzie $L_{cp}(a) \equiv \bigvee o\ (a \in o)$; tu $\in$ oznacza zachodzenie a w o. Dodajmy, że świat i pole grawitacyjne jako całość nie są lokalizowane.

Własności matematyczne rzeczy i przedmiotów rzeczopodobnych są następujące: (a) rzeczy i przedmioty rzeczopodobne są — o czym już mówiliśmy — pewnymi zbiorami zdarzeń punktowych; uprzednio chodziło jednak o elementy tych zbiorów — zdarzenia — które traktujemy jako pewne przedmioty fizyczne; stąd twierdzenie to mówiło o pewnej własności fizycznej, tu zaś chodzi o to, że przedmioty te są zbiorami zdarzeń; wobec tego twierdzenie to mówi o pewnej własności matematycznej tych przedmiotów, a ściślej — o własności ontycznej, uważamy bowiem, że bycie indywiduum lub zbiorem to jedyne własności ontyczne; (b) rzeczy i przedmioty rzeczopodobne wchodzą w relacje logicznej równości J oraz logicznej różności $\bar{J}$; obie te relacje są tu oczywiście ograniczone do zbiorów wszystkich przedmiotów fizycznych, o których mowa; niewątpliwie są to ich własności matematyczne (chociaż nie ontyczne, co wynika z rozważań).

Oprócz podanych wyżej wspólnych własności różnych typów dla rzeczy i przedmiotów rzeczopodobnych istnieją dwie istotne własności, które różnią je od siebie.

Po pierwsze, rzeczy są czasowo ciągłe (Cn), co znaczy, że są uporządkowane (jako zbiory zdarzeń) przez relację wcześniejszości W i żaden ich przekrój (w sensie Dedekinda) nie jest ani skokiem, ani luką. Własność ta jest warunkiem koniecznym tzw. identyczności rzeczy w czasie (genidentyczności). Aplikacja tej cechy do rzeczy zakłada liniowe uporządkowanie rzeczy przez relację wcześniejszości W. Jest to oczywiście własność czasoprzestrzenna rzeczy. Tej własności przedmioty rzeczopodobne nie posiadają.

Po drugie, rzeczy są kauzalnie zwarte (Cc), co znaczy, że dla każdych dwóch zdarzeń x, y należących do rzeczy a mamy związek: $\bigwedge x\ y\ [\bar{R}(x, y) \rightarrow H(x, y)]$, gdzie $\bar{R}$ stanowi relację symetrycznej separacji czasowej. Ta własność, którą posiadają rzeczy, a

której przedmioty rzeczopodobne nie mają, jest własnością mieszaną: czasoprzestrzenno-fizyczną; wynika to z jej określenia przez relację czasową ($\overline{R}$) oraz relację fizyczną, kauzalną (H).

Parę komentarzy do powyższego paragrafu.

Należy podkreślić, że rzeczy (oraz przedmioty rzeczopodobne) nie są idealizacjami. Wobec tego nie ma kłopotów takich, jakie mamy ze zdarzeniami.

W tym miejscu warto przypomnieć T. Kotarbińskiego definicję *rzeczy* i ustosunkować się do niej. Autor ten określa rzeczy jako czasowo i przestrzenie zlokalizowane i „fizykalnie jakieś" (zob. [Kotarbiński, 1986], s. 401); to ostatnie wyrażenie interpretuję jako „oddziałujące fizycznie". A więc przypisuje on rzeczom pewne własności fizyczne i pewne własności czasoprzestrzene. Nie przypisuje jednak rzeczom żadnych własności matematycznych. Nic dziwnego: Kotarbiński jest nominalistą, a więc odrzuca istnienie wszelkich obiektów matematycznych. A zatem, według niego, rzeczy nie są zbiorami (jak według ewentyzmu punktowego) ani także indywiduami w sensie niezbiorów (jak w jakiejś ontologii realistycznej, lecz nie uznającej rzeczy za pewne zbiory). Można jednak od tego abstrahować, a nawet przyjąć, że dyskutowana definicja jest zbliżona do naszej charakterystyki.

Na koniec, warto może zastanowić się nad stosunkiem oddziaływania rzeczy (i części przedmiotów rzeczopodobnych), tj. $D(a)$, gdzie $B(D(a)) = T$, a oddziaływaniem zdarzeń punktowych, tj. $D(x)$, gdzie $B(D(x)) = S$; $B(D(a))$ oraz $B(D(x))$ stanowią zakresy tych własności. Uprzednio sądziłem (w książce [Augustynek, 1993]), że $D(a)$ można zredukować (definicyjnie) do $D(x)$, przy założeniu, że zdarzenia (x) należą do odpowiedniej rzeczy. Obecnie nie wydaje mi się to słuszne, jednak w argumenty za tym poglądem nie będę wchodził. Takie stanowisko pociąga jednak pewną trudność: wynika zeń, że relacja kauzalna H (definiująca $D(x)$) dla zdarzeń różni się czymś istotnym od relacji kauzalnej H' (definiującej $D(a)$) dla rzeczy. Na razie nie potrafię wskazać tej różnicy.

Gdy mówimy o oddziaływaniu rzeczy (i części przedmiotów rzeczopodobnych) (D) oraz o ich lokalizacji czasoprzestrzennej (L), ponownie — analogicznie jak w wypadku zdarzeń — rodzi się pytanie, czy nie zachodzi dla tych przedmiotów związek: $D \subset L$. I on wydaje się oczywisty, lecz nie mogę tego obecnie uzasadnić.

2. Własności fizyczne

We *Wstępie* do obiektów fizycznych — oprócz przedmiotów fizycznych (zdarzeń, rzeczy *etc.*) — zaliczone zostały własności fizyczne i relacje fizyczne. Ten pogląd może budzić sprzeciw nawet u tych autorów, którzy nie są nominalistami, ale stereotypowo za obiekty fizyczne uważają tylko przedmioty fizyczne (głównie rzeczy i przedmioty rzeczopodobne). Sądzę jednak, że się mylą. Jeśli rzucić okiem na jakikolwiek podręcznik fizyki, łatwo dostrzec, że mówi się tam przede wszystkim o własnościach fizycznych oraz o relacjach fizycznych (głównie między własnościami fizycznymi), oczywiście w odniesieniu do takich lub innych przedmiotów fizycznych. Biorąc ściśle,

chodzi tam w zasadzie o takie własności, które nazywamy „wielkościami fizycznymi" oraz takie relacje (*nb.* między tymi własnościami), które nazywamy „prawami fizyki".

W obecnych rozważaniach ograniczę się jednak w zasadzie do własności, które nie są wielkościami, oraz relacji, które nie są prawami. Kwestię charakterystyki wielkości fizycznych wyczerpał S. Surma [1966], zaś adekwatna charakterystyka praw fizyki oraz klasyfikacji tych praw — stanowi nadal przedmiot kontrowersji.

Jakie własności fizyczne posiadają własności fizyczne nie stopniowalne (czyli niewielkości), takie jak np. wymienione już cechy $D(x)$ i $D(a)$? Myślę, że należy do nich to, iż zakresem pierwszej ($B(D(x))$) jest zbiór zdarzeń punktowych, zaś zakresem drugiej ($B(D(x))$) jest zbiór rzeczy (lub części przemiotów rzeczopodobnych). Rzecz jasna wymienione własności nie oddziałują fizycznie (inaczej znaczyłoby to, że oddziaływanie ... oddziałuje!).

Trudno mi wskazać inne własności fizyczne omawianych własności fizycznych, tj. $D(x)$ i $D(a)$. Ale ogólnie mówiąc myślę, że każda własność fizyczna ma zakres składający się z przedmiotów fizycznych, a więc przynajmniej tę cechę fizyczną.

Warto może zauważyć, że omawiana sprawa lepiej wygląda w odniesieniu do wielkości fizycznych — tu mogą się pojawić inne (oprócz posiadania zakresu fizycznego) własności fizyczne. Przyśpieszenie poruszającego się ciała jest np. taką własnością względem jego prędkości — wszak jest to prędkość ... prędkości tego ciała.

Jeśli chodzi o własności czasoprzestrzenne niestopniowalnych własności fizycznych, to wydaje się, że żadnych takich własności —spośród znanych własności czasoprzestrzennych, które charakteryzują przedmioty fizyczne (rzeczy *etc.*), jak rozciągłość, lokalizacja *etc.* — nie można przypisać wskazanym wyżej własnościom fizycznym (ani także — zresztą — wielkościom fizycznym). Tymczasem w filozofii matematyki — zob. np. [Maddy, 1992], [Lewis, 1991] *etc.* — trwa spór o to, czy zbiory przedmiotów fizycznych są czasoprzestrzennie zlokalizowane czy też nie. Wymienieni autorzy rozstrzygają go pozytywnie. Osobiście także skłaniam się do tego poglądu; w kontekście tym zakłada się oczywiście interpretację mnogościową własności fizycznych, tj. uważa się je za zbiory.

Przyjmując interpretację mnogościową własności fizycznych (także własności niestopniowalnych i wielkości), przypisujemy im wszystkim charakter mnogościowych zbiorów. Jest to ich cecha matematyczna, a ściślej — ontyczna. *Nb.* twierdzenie to jest niezależne od ewentyzmu punktowego.

Oczywiście zbiory te są różne w zależności przede wszystkim od tego, o jakie własności fizyczne chodzi, a zatem od tego, jakie elementy tych zbiorów — czyli przedmioty fizyczne — własności te posiadają.

3. Relacje fizyczne

Jak już wyżej zaznaczono, będzie tu chodzić o takie relacje, które nie są prawami fizyki (analiza tych ostatnich to odrębna i złożona kwestia).

Klasycznymi przykładami takich relacji są relacje kauzalne H i H'. Rozważmy ich własności: fizyczne, czasoprzestrzenne i matematyczne.

Podstawową własnością fizyczną każdej z tych relacji jest to, że ma ona pole, składające się z przedmiotów fizycznych. I tak, polem H jest zbiór zdarzeń punktowych, czyli mamy $F(H) = S$; natomiast polem H' jest zbiór zdarzeń punktowych, czyli mamy $F(H') = T$.

Uważam, że każda relacja fizyczna ma pole składające się z przedmiotów fizycznych, a zatem posiada przynajmniej tę cechę niewątpliwie fizyczną. Innych własności fizycznych rozpatrywanych relacji H i H' niestety nie mogę wskazać.

Jeśli chodzi o własności czasoprzestrzene, to omawianym relacjom nie można przypisać własności rozciągłości czasoprzestrzennej. Ale czy nie są one lokalizowalne czasoprzestrzennie, jeśli zachodzą między zdarzeniami lub rzeczami? Myślę, że sytuacja jest podobna, jak w wypadku już omawianych kwestii lokalizacji własności fizycznych. Jeśli, jak Maddy, Lewis i inni autorzy, uważam za prawdopodobny pogląd, że własności fizyczne przedmiotów fizycznych (traktowane jako zbiory) są zlokalizowane czasoprzestrzennie, to nie widzę racji, aby nie podzielać poglądu, że relacje fizyczne między przedmiotami fizycznymi są również zlokalizowane czasoprzestrzennie.

Zauważmy, że omawiana relacja fizyczna H posiada pewną mieszaną cechę: fizyczno-czasoprzestrzenną. Polega ona na tym, że między H a $\overline{R}$ istnieje związek $H \subset \overline{R}$ (zwany „postulatem przyczynowości"). Analogiczną cechę ma relacja H' (dla rzeczy): wyraża ją związek: $H' \subset \overline{R}'$, gdzie $F(R') = T$.

W teorii mnogości relacje interpretuje się jako pewne zbiory/podzbiory iloczynów kartezjańskich pól tych relacji. W tym wypadku: $H \subset S \times S$, zaś $H' \subset T \times T$. Wobec tego nasze relacje H i H' są zbiorami — i jest to ich główna własność matematyczna (ściślej — ontyczna).

Ponadto jako relacje binarne mają one — jak wiemy — następujące własności strukturalne (*ergo* matematyczne): *irr* (przeciwzwrotność), *as* (przeciwsymetryczność) i *trans* (tranzytywność). Dotyczy to oczywiście obu omawianych relacji, tj. H i H'. W ten sposób naszkicowaliśmy pełną analizę tych relacji.

III. Typy obiektów czasoprzestrzennych

Obecnie, zgodnie z zapowiedzią, rozważymy — ale już skrótowo — pojęcie *obiektu czasoprzestrzennego*. Okazuje się, że — jak w wypadku pojęcia *obiektu fizycznego* — można wyodrębnić także trzy typy obiektów czasoprzestrzennych: przedmioty, własności i relacje.

Każdy typ obiektów czasoprzestrzennych charakteryzują trzy odpowiednie dlań rodzaje własności: fizyczne, czasoprzestrzenne i matematyczne (w tym — ontyczne). A zatem i tutaj mamy pełną analogię z rodzajami własności obiektów fizycznych.

1. Przedmioty czasoprzestrzenne

Przedmioty czasoprzestrzenne mają trzy podtypy: przedmioty *sensu stricto* czasoprzestrzenne, przedmioty czasowe i przedmioty przestrzenne. Rozważania rozpoczniemy od pierwszego podtypu.

1.1 Przedmioty *stricte* czasoprzestrzenne

Zalicza się do nich punkty czasoprzestrzenne (p), obszary czasoprzestrzenne (o), oraz czasoprzestrzeń (CP). Punkty p są pewnymi zbiorami zdarzeń; obszary o są pewnymi zbiorami punktów (a więc zbiorami zbiorów zdarzeń), zaś czasoprzestrzeń CP jest zbiorem wszystkich punktów. Wszystki zatem przedmioty *stricte* czasoprzestrzenne są zbiorami ufundowanymi w zdarzeniach, czyli przedmiotach fizycznych. Dlatego w powyższych twierdzeniach przypisuje się im odpowiednie własności fizyczne. Inną własnością fizyczną wszystkich wymienionych przedmiotów jest fakt (o którym mówi się w szczególnej teorii względności), że są one absolutne (niezależne od dowolnego układu inercjalnego).

Uwaga: punkty, obszary i czasoprzestrzeń nie oddziałują fizycznie; jeśli Field [1980] twierdzi inaczej, to dlatego, że dokonuje nieuprawnionej identyfikacji przedmiotów czasoprzestrzennych z przedmiotami fizycznymi (czyli lokacji z jej treścią).

Punkty są czasoprzestrzennie nierozciągłe, natomiast obszary czasoprzestrzenne i sama czasoprzestrzeń są czasoprzestrzennie rozciągłe. Są to niewątpliwie własności czasoprzestrzenne: punktów, obszarów i czasoprzestrzeni. Natomiast żadne z tych przedmiotów nie są zlokalizowane czasoprzestrzennie — są one bowiem lokacjami dla przedmiotów fizycznych, a lokacje nie mogą mieć lokacji.

Według ewentyzmu punktowego punkty, obszary i czasoprzestrzeń są odpowiednimi zbiorami mnogościowymi — są to zatem ich cechy matematyczne (ontyczne). Zauważmy, że żadne z tych przedmiotów nie są indywiduami (niezbiorami): indywiduami są tu zdarzenia.

1.2. Przedmioty czasowe

Przedmioty czasowe stanowią: momenty (m_u), interwały czasowe (i_u) oraz czas (C_u).

Momenty (m_u) są pewnymi zbiorami zdarzeń, interwały (i_u) są pewnymi zbiorami momentów, czas (C_u) jest zbiorem wszystkich momentów. Wszystkie przedmioty czasowe są więc zbiorami ufundowanymi w zdarzeniach, czyli pewnych przedmiotach fizycznych. Stąd w wymienionych twierdzeniach przypisuje się im odpowiednie własności fizyczne.

Inną własnością fizyczną wymienionych przedmiotów jest fakt (o którym mówi się w szczególnej teorii względności), że są one względne (zależne od układu inercjalnego). Dlatego wszystkie ich symbole mają indeks u (oznaczający zmienną układu inercjalnego).

Uwaga: m_u, i_u, C_u oczywiście nie oddziałują fizycznie.

Momenty są czasowo nierozciągłe (ale przestrzennie rozciągłe), interwały i sam czas są czasowo rozciągłe. Są to oczywiście własności czasowe momentów, interwałów i czasu.

Uwaga: przedmioty te oczywiście nie są czasowo zlokalizowane.

Zgodnie z ewentyzmem punktowym, momenty, interwały i czas są odpowiednimi zbiorami mnogościowymi (o czym już pisaliśmy), są to więc ich cechy matematyczne (ontyczne).

1.3. Przedmioty przestrzenne

Przedmioty przestrzenne stanowią: punkty przestrzenne (p'_u), obszary przestrzenne (k_u) oraz przestrzeń fizyczna (P_u).

Punkty przestrzenne (p'_u) są pewnymi zbiorami zdarzeń, obszary przestrzenne (k_u) są pewnymi zbiorami punktów przestrzennych, zaś przestrzeń fizyczna (P_u) jest zbiorem wszystkich punktów przestrzennych. Wszystkie więc przedmioty przestrzenne są zbiorami ufundowanymi w zdarzeniach, czyli pewnych przedmiotach fizycznych. Stąd też w wymienionych twierdzeniach mówi się o odpowiednich własnościach fizycznych przedmiotów przestrzennych.

Własnością fizyczną wymienionych przedmiotów jest fakt (stwierdzany także w szczególnej teorii względności), że są one względne (zależne od układu inercjalnego).

Uwaga: p'_u, k_u, P_u oczywiście także nie oddziałują fizycznie.

Punkty przestrzenne są przestrzennie nierozciągłe (ale czasowo rozciągłe), obszary przestrzenne i sama przestrzeń fizyczna są przestrzennie rozciągłe. Są to więc ich własności przestrzenne. Wymienione przedmioty nie są natomiast przestrzennie zlokalizowane — są one lokacjami przestrzennymi dla przedmiotów fizycznych, a lokacje przestrzenne nie mogą być przestrzennie zlokalizowane.

Według ewentyzmu punktowego, punkty przestrzenne, obszary przestrzenne i przestrzeń fizyczna są odpowiednimi zbiorami mnogościowymi; są to ich własności matematyczne (ontyczne).

2. Własności czasoprzestrzenne, czasowe i przestrzenne

Jak już pisaliśmy, oprócz przedmiotów *stricte* czasoprzestrzennych, czasowych i przestrzennych, do obiektów czasoprzestrzennych zaliczamy także własności czasoprzestrzenne oraz relacje czasoprzestrzenne. Ma to swoje uzasadnienie, ale nie będziemy w nie wchodzić.

Ograniczymy się przy tym do niestopniowalnych własności czasoprzestrzennych. O stopniowalnych własnościach tego rodzaju (wielkościach czasoprzestrzennych), jak np. współrzędnych czasoprzestrzennych, metryce czasoprzestrzeni, *etc.*, mówi się stale w fizyce —i z metodologicznego punktu widzenia są one dobrze zbadane.

Skupimy więc uwagę na takiej własności czasoprzestrzennej, jak czasoprzestrzenna rozciągłość (E_{cp}). Myślę, że posiada ona własność fizyczną polegającą na tym, że jej zakres stanowi taki lub inny zbiór zdarzeń, czyli mamy $B(E_{cp}) = X, X \subset S$. Analogicznie, wymieniona już własność czasowa, zwana „czasową ciągłością" (Cn) ma własność

fizyczną, polegającą na tym, że jej zakres jest zbiorem zdarzeń, czyli mamy $B(Cn) = X$, $X \subset S$.

Ani rozciągłość czasoprzestrzenna nie jest rozciągła ani ciągłość czasowa — ciągła. Niemniej jednak posiadają one pewne własności czasoprzestrzenne. Zakresem E_{cp} może być zbiór obszarów czasoprzestrzennych o, zakresem zaś może być zbiór momentów m_u. W obu wypadkach mamy własności czasoprzestrzennych własności. Pojawia się jednak pewna trudność: własności E_{cp} oraz Cn tu omawiane różnią się od analogicznych własności analizowanych wcześniej — właśnie zakresami. W każdym jednak razie są to własności bardzo podobne.

Dyskutowane wyżej własności czasoprzestrzenne oraz wszystkie pozostałe nie omawiane własności (włączając wielkości czasoprzestrzenne) są — według ontologii ewentystycznej — takimi lub innymi zbiorami mnogościowymi. Oczywiście są to ich własności matematyczne, ściślej — ontyczne. Nie ma co do tego żadnych wątpliwości.

3. Relacje czasoprzestrzenne, czasowe i przestrzenne

Relacje czasoprzestrzenne, czasowe i przestrzenne grają podstawową rolę w fizyce, w szczególności w jej warstwie czasoprzestrzennej — wystarczy tu przypomnieć obie teorie względności. Nie można bez nich np. zrozumieć, ani tym bardziej zdefiniować, wyżej wymienionych przedmiotów oraz własności czasoprzestrzennych. Dlatego ich analiza jest szczególnie ważna.

Według ewentyzmu punktowego, wszystkie relacje czasoprzestrzenne, czasowe i przestrzenne, tzw. wyjściowe, tj. takie, że przy ich pomocy definiuje się inne relacje tego rodzaju (np. W_u, L_u *etc.*), mają pola, składające się ze zdarzeń punktowych, tj. $F(Q) = S$ (gdzie Q jest dowolną relacją tego typu). Jest to ich wspólna własność fizyczna.

Należy przy tym podkreślić, że jeśli chodzi o relacje relatywistycznie względne — chociażby wymienione już W_u i L_u — to ich zależność od układu inercjalnego (*ergo* pewnego typu rzeczy) jest również cechą fizyczną tych relacji.

Wiele z wymienionych relacji można odnieść do obiektów *stricte* czasoprzestrzennych oraz czasowych i przestrzennych. Przykład stanowi tu relacja W_u z polem CP, tj. $F(W_u) = CP$. Oczywiście jest to własność czasoprzestrzenna W_u. Ale W_u może mieć pole M (zbiór wszystkich momentów) czyli $F(W_u) = M$ — co tym razem jest własnością czasową W_u. Oczywiście ze względu na różne pola nie są to dokładnie te same relacje, co W_u z polem S. Tzw. istota tych relacji jest jednak ta sama (W = wcześniejszość).

Według teorii mnogości, relacje są pewnymi zbiorami. Wynika stąd, że zbiorami są także nasze relacje: czasoprzestrzenne, czasowe i przestrzenne. Jest to ich własność matematyczna, co więcej — ontyczna.

Każdą z tych relacji cechuje ponadto cała seria (jaka, to zależy od pola relacji) własności strukturalnych; np. W_u jest w S *as* i *trans*, zaś słynna R_u jest w S *ref*, *sym* i *trans*, *ergo aeq*. Własności analogiczne jak relacja powyższa ma relacja koincydencji

czasoprzestrzennej K w S. Dodajmy, że W_u w M jest relacją *ord* (liniowo porządkującą) i z tej racji nadaje się na definicję czasu: $C_u = \langle M, W_u \rangle$.

IV. Charakterystyka obiektu fizycznego

Zanalizowane wyżej trzy typy obiektów fizycznych: przedmioty, własności i relacje, w wielu punktach różnią się między sobą. Jednak typy te są ze sobą ściśle powiązane, co umożliwia ogólną charakterystykę obiektu fizycznego.

Otóż, jak widać, podstawowymi obiektami fizycznymi są przedmioty fizyczne. Są one podstawowe w tym sensie, że (a) obiekty fizyczne, którymi są własności fizyczne, są przede wszystkim własnościami przedmiotów fizycznych, (b) obiekty fizyczne, którymi są relacje fizyczne, są również głównie relacjami między przedmiotami fizycznymi, ale nie tylko — są one także pewnymi relacjami między własnościami fizycznymi; w szczególności niektóre relacje (funkcje) między wielkościami fizycznymi (tj. własnościami stopniowalnymi) są prawami fizyki.

Listy najważniejszych własności (fizycznych, czasoprzestrzennych i matematycznych) trzech wyżej wymienionych typów obiektów fizycznych plus wskazane wyżej związki między nimi stanowią — moim zdaniem — charakterystykę pojęcia *obiektu fizycznego*.

Nie jest to definicja tego pojęcia ani nawet jego eksplikacja. Uważam, że jest to na razie wszystko, czym powinniśmy się obecnie zadowolić. Ograniczenie tego pojęcia do pojęcia *przedmiotu fizycznego* jest znacznym uproszczeniem rozważanej kwestii — chociaż za takim ujęciem przemawia długa tradycja, wywodząca się od starożytności (sformułowana oczywiście w innej aparaturze pojęciowej).

V. Charakterystyka obiektu czasoprzestrzennego

W wypadku obiektów czasoprzestrzennych występują także i różnią się wzajemnie — trzy typy obiektów: przedmioty, własności oraz relacje. Sytuację komplikuje fakt, że mamy jeszcze do czynienia z trzema warstwami tych typów: *stricte* czasoprzestrzenną, czasową i przestrzenną.

Wymienione typy są ze sobą powiązane, ale z pewnych powodów (o których powiem później) — o wiele luźniej. Obiekty czasoprzestrzenne, którymi są własności czasoprzestrzenne, są także własnościami czasoprzestrzennymi przedmiotów czasoprzestrzennych, zaś obiekty czasoprzestrzenne, którymi są relacje czasoprzestrzene, są także relacjami między przedmiotami czasoprzestrzennymi. Jak widać termin „także" określa nam termin „luźniej".

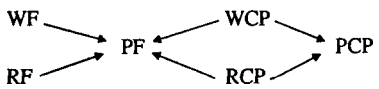
Zauważmy tutaj od razu, że chociaż istnieją wielkości czasoprzestrzenne (współrzędne, metryka *etc.*), to nie ma żadnych praw *sensu stricto* czasoprzestrzennych (jako relacji między nimi).

W przeciwieństwie do pojęcia *obiektu fizycznego*, listy własności trzech typów obiektów czasoprzestrzennych — oraz wskazane wyżej związki między nimi — nie stanowią charakterystyki pojęcia *obiektu czasoprzestrzennego*. Rzecz w tym, że taką

charakterystykę można sformułować dopiero wtedy, kiedy się uwzględni jakąś koncepcję stosunku obiektów czasoprzestrzennych do obiektów fizycznych, inaczej — stosunku czasoprzestrzeni (*CP*) do świata zdarzeń (*S*). Taką koncepcję stanowi — moim zdaniem — relacjonizm, będący częścią ewentyzmu punktowego, wewnątrz którego toczyły się nasze rozważania.

Zgodnie z relacjonizmem, obiekty czasoprzestrzenne, którymi są własności czasoprzestrzenne, są przede wszystkim własnościami czasoprzestrzennymi przedmiotów fizycznych (zdarzeń i pewnych ich zbiorów); obiekty czasoprzestrzenne, którymi są relacje czasoprzestrzenne, są zaś przede wszystkim relacjami czasoprzestrzennymi między przedmiotami fizycznymi (zdarzeniami i pewnymi ich zbiorami).

W rezultacie dla własności czasoprzestrzennych i relacji czasoprzestrzenych — jak dla własności fizycznych i relacji fizycznych — podstawowe są pewne obiekty fizyczne, mianowicie — przedmioty. Sytuację opisaną wyżej ilustruje schemat:



(Litery *P*, *W*, *R* znaczą tu odpowiednio tyle, co „przedmioty", „własności" i „relacje", zaś *F* i *CP* — „fizyczny" i „czasoprzestrzenny".)

Dopiero teraz można sformułować charakterystykę pojęcia *obiektu czasoprzestrzennego*. Stanowią ją listy najważniejszych własności (fizycznych, czasoprzestrzennych i matematycznych) wymienionych wyżej trzech typów obiektów czasoprzestrzennych plus wskazane wyżej związki między nimi oraz — co ważne — związki z obiektami fizycznymi typu przedmiotów fizycznych.

VI. Pojęcie uniwersalnego obiektu fizycznego

Obiekty fizyczne różnią się pod ważnymi względami od obiektów czasoprzestrzennych. W szczególności dotyczy to różnic między przedmiotami fizycznymi a przedmiotami czasoprzestrzennymi. Na przykład, jeśli pierwsze oddziałują fizycznie oraz są zlokalizowane czasoprzestrzennie, to drugie nie oddziałują fizycznie i nie są — a nawet nie mogą być — zlokalizowane (są one bowiem lokacjami dla pierwszych).

Mimo tych różnic jednak można — a nawet należy — wprowadzić pojęcie *uniwersalnego obiektu fizycznego*. Oznaczmy go przez *UOF*. Jeśli więc obiekty fizyczne oznaczymy przez *OF*, zaś obiekty czasoprzestrzenne przez *OCP*, to oczywiście mamy równość: $UOF = OF \cup OCP$. Uniwersalny obiekt fizyczny jest więc albo obiektem fizycznym, albo obiektem czasoprzestrzennym. Oczywiście, w jednym i drugim wypadku należy on do jednego z trzech typów: jest przedmiotem, własnością lub relacją.

Pojęcie *UOF* nie jest bynajmniej czymś sztucznym. Jego użycie ma głębokie uzasadnienie. Po pierwsze, wszystkie obiekty, którymi się zajmuje fizyka, w tym także i te,

które tu zostały wyodrębnione i nazwane „czasoprzestrzennymi", są «fizyczne». Po drugie — jak widzieliśmy — oba te rodzaje obiektów są mocno powiązane: obiekty fizyczne mają cechy czasoprzestrzenne, zaś obiekty czasoprzestrzenne mają cechy fizyczne. Rozwinęła i utrwaliła te związki fizyka relatywistyczna. Wreszcie po trzecie, wzmocnił je — od strony filozoficznej — ewentyzm punktowy, w szczególności ta jego część, którą nazywamy „relacjonizmem", a według której czasoprzestrzeń jest pewną strukturą świata fizycznego.

Zakończenie

Przedstawione rozważania stanowią jedynie szkic na temat tego, czym jest obiekt fizyczny (a także obiekt czasoprzestrzenny). Gruntowna i ścisła analiza tej kwestii wymaga dalszych badań.

W szczególności niezbędne są badania nad pojęciem *własności matematycznej*, którego używaliśmy w stosunku do obiektów fizycznych i czasoprzestrzennych. W tym miejscu powstaje szereg nowych problemów, np.: (1) czy obiekty matematyczne również podlegają rozszczepieniu na trzy typy: tj. na przedmioty, własności i relacje; (2) czy możliwa jest charakterystyka obiektu matematycznego; (3) w jakim stosunku wreszcie pozostają te obiekty do uniwersalnych obiektów fizycznych.

Jak widać, są to zagadnienia zarówno z ontologii matematyki, jak i z jej styku z ontologią fizyki.

Literatura

Z. Augustynek
1987 - „Point Eventism", *Reports on Philosophy* 1, s. 49-55.
1994 - „Z ontologii czasoprzestrzeni", *Filozofia Nauki* 2, s. 5-13.
Z. Augustynek and J. J. Jadacki
1993 - *Possible Ontologies*, Amsterdam - Atlanta, Rodopi.
H. Field
1989 - *Realism, Mathematics and Modality*, Oxford, Blackwell.
Bas C. van Fraassen
1990 - *Laws and Symmetry*, Oxford, Clarendon Press.
T. Kotarbiński
1986 - *Elementy teorii poznania, logiki formalnej i metodologii nauk*, Wrocław, Ossolineum.
D. Lewis
1991 - *Parts of Classes*, Oxford, Blackwell.
P. Maddy
1992 - *Realism in Mathematics*, Oxford, Clarendon Press.
S. Surma
1966 - „Pojęcie wielkości mierzalnej w ujęciu mnogościowym", *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego*, CXLVIII, *Prace z logiki* 2, s. 31-27.