Filozofia Nauki
Rok II, 1994, Nr 2(6)

Zdzisław Augustynek

Z ontologii czasoprzestrzeni

Wstęp

W odniesieniu do punktów czasoprzestrzennych (*p*), obszarów czasoprzestrzennych (*o*) oraz samej czasoprzestrzeni (*CP*) można postawić trzy zagadnienia: (1) ontycznej natury tych obiektów, (2) wzajemnych relacji między nimi oraz (3) ich stosunków do świata fizycznego.

W ontologii czasoprzestrzeni, będącej składową ontologii fizyki, są to zagadnienia o znaczeniu kluczowym. Niestety, pozostają one nadal nie rozstrzygnięte: wciąż poruszamy się tu wśród przeciwstawnych stanowisk, będących tak lub inaczej uargumentowanymi ich rozwiązaniami.

W artykule niniejszym ograniczę się do tych właśnie zagadnień i reprezentatywnych aktualnych stanowisk w ich sprawie. Ponadto poruszę także dwie kwestie: egzystencjalnych konsekwencji tych stanowisk (co do istnienia zbiorów) oraz ich głównych współczesnych zwolenników.

Ontyczna natura punktów i czasoprzestrzeni

Tytuł powyższy pomija (na razie) obszary czasoprzestrzenne. Można tak zrobić dlatego, że — co wykażę później — obszary te mają taką samą naturę co czasoprzestrzeń, niezależnie od przyjętego stanowiska.

Oczywiście zakładam, że omawiane tu obiekty czasoprzestrzenne istnieją (i to literalnie — powiedzmy: jak gwiazdy). W ten sposób staję w opozycji do tych autorów, którzy na serio sądzą, że obiektów tych nie ma ([Kotarbiński 1961] i [Grossmann 1983]). Zarazem założenie to nadaje moim rozważaniom sens: nie dotyczą one fikcji — w rodzaju przysłowiowych krasnoludków.

Kiedy mówię o ontycznej naturze punktów i czasoprzestrzeni, to chodzi mi wyłącznie o jedną kwestię: mianowicie o ich charakter mnogościowy; ściślej, o to, czy

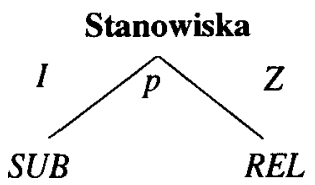
są to indywidua, czy zbiory mnogościowe. Jest to alternatywa wykluczająca, albowiem indywidua identyfikuję tu z niezbiorami, zwanymi inaczej „urelementami" (*Urelements*), zaś zbiory utożsamiam z przedmiotami, o których mówi teoria mnogości (np. Zermela-Fraenkla), *nb.* nie zakładająca istnienia indywiduów. Klasę indywiduów oznaczam tu przez I, zaś klasę zbiorów przez Z: mamy więc: $I = \overline{Z}$, *ergo* $Z = \overline{I}$.

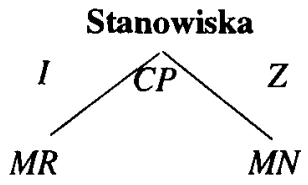
W tym miejscu — dwie uwagi. Po pierwsze, można zapytać: dlaczego naturę ontyczną omawianych obiektów czasoprzestrzennych wiążę z ich charakterem mnogościowym? Otóż uważam tę właśnie sprawę za fundamentalną dla ich natury. Obszerne uzasadnienie tego przekonania sformułuję kiedy indziej. Po drugie, można zadać pytanie: dlaczego nie poruszam tutaj także charakteru mnogościowego relacji czasoprzestrzennych (np. koincydencji lub separacji)? Odpowiedź jest banalna: jako relacje — są one zbiorami (tak jak funkcje są zbiorami). Zatem ich natura ontyczna nie stanowi kwestii spornej.

Podane wyżej ustalenia pozwalają sformułować dwie dychotomiczne klasyfikacje stanowisk, dotyczących ontycznej natury punktów oraz ontycznej natury czasoprzestrzeni. Odnośnie do punktów — zasada podziału wygląda tak: $p \in I$ **albo** $p \in Z$; odnośnie zaś do czasoprzestrzeni wygląda ona analogicznie: $CP \in I$ **albo** $CP \in Z$.

Na razie nie wnikamy ani w kwestię, o jakie elementy chodzi w wypadku $p \in Z$, tj. jeśli punkt jest zbiorem, ani w kwestię, o jakie elementy chodzi w wypadku $CP \in Z$, tj. jeśli czasoprzestrzeń jest zbiorem.

A oto diagramy obu klasyfikacji stanowisk:





Stanowiska pierwszej klasyfikacji to: (a) *SUB* — substantywizm: $p \in I$; uprzednio używałem terminu „substancjalizm" ([Augustynek 1992]), ale obecny termin, zasugerowany mi przez Jerzego Perzanowskiego, brzmi lepiej; (b) *REL* — relacjonizm: $p \in Z$. Stanowiska drugiej klasyfikacji — to: (a) *MR* — koncepcja mereologiczna: $CP \in I$; *MN* — koncepcja mnogościowa: $CP \in Z$.

Uwaga: nazwy stanowisk pierwszej klasyfikacji są tradycyjnie ustalone; natomiast nazwy stanowisk drugiej klasyfikacji zostały przeze mnie wymyślone na użytek tego tekstu — chociaż, jak zobaczymy, nie są one zupełnie arbitralne.

Skrzyżujmy teraz obie klasyfikacje, ściślej — zastosujmy drugą klasyfikację do członów pierwszej klasyfikacji. Otrzymamy wtedy następujące diagramy:

W rezultacie otrzymujemy cztery (czyste) możliwości. Po pierwsze, dwie wersje substantywizmu: (a) *SUBMR* — substantywizm mereologiczny: $p \in I$ i $CP \in I$, oraz (b) *SUBMN* — substantywizm mnogościowy: $p \in I$ i $CP \in Z$. Po drugie — dwie wersje relacjonizmu: (a′) *RELMR* — relacjonizm mereologiczny: $p \in Z$ i $CP \in I$, oraz (b′) *RELMN* — relacjonizm mnogościowy: $p \in Z$ i $CP \in Z$. W skrócie możliwości te możemy oznaczyć kolejno: *II*, *IZ*, *ZI*, *ZZ*, gdzie pierwsza litera pary dotyczy natury punktów, zaś druga — natury czasoprzestrzeni.

Relacjonizm mereologiczny (*ZI*) nie reprezentuje realnej możliwości; jest stanowiskiem «pustym». Dowodzi tego następujące rozumowanie. Generalnie, niezależnie od stanowiska, przyjmuje się założenie, że punkty są «składnikami» czasoprzestrzeni (inaczej — *CP* składa się z *p*-ów). Tutaj możliwe są tylko dwie interpretacje relacji bycia składnikiem. Po pierwsze — jako relacji mnogościowej $\in$, według której mamy $p \in CP$; ale to jest niemożliwe, bo zbiory (*p*) nie mogą być elementami indywiduum (*CP*). Po drugie — jako relacji mereologicznej $\lhd$ (bycia częścią), według której mamy $p \lhd CP$, ale to także jest niemożliwe, bo tylko indywidua mogą być częściami indywiduum, zaś punkty są tu przecież zbiorami.

Wobec tego ważne jest twierdzenie: $p \in Z \rightarrow CP \in Z$, a więc relacjonizm może być tylko mnogościowy. W rezultacie realnymi, «niepustymi» stanowiskami, które są skutkiem skrzyżowania obu klasyfikacji, są jedynie trzy: *SUBMR* (*II*), *SUBMN* (*IZ*) i *RELMN* (*ZZ*). W rzeczywistości tylko one mają swoich zwolenników.

Stosunki w serii *p*, *o*, *CP*

Chodzi oczywiście o stosunki w różnych wyżej sformułowanych stanowiskach. Okazuje się, że wynikają one z charakteru założonej natury mnogościowej *p* i *CP* oraz pewnych dość oczywistych założeń.

Na wstępie uzasadnimy twierdzenie o tożsamości natury mnogościowej: obszarów (*o*) oraz czasoprzestrzeni (*CP*), czyli założenie przyjęte w drugim paragrafie. Rozpada się ono na dwa (równoważne) twierdzenia, chodzi tu bowiem o dwie możliwości:

(1) $o \in Z \equiv CP \in Z$.

(2) $o \in I \equiv CP \in I$.

Dowód twierdzenia (1). Jeżeli *CP* jest zbiorem: $CP \in Z$, a zakładamy, że *o* jest częścią *CP*, czyli $o \lhd CP$, to *o* jest także zbiorem: $o \in Z$ (słownie: część zbioru jest zbiorem). Jeżeli natomiast *o* jest zbiorem: $o \in Z$, a zakładamy, że *o* jest częścią *CP*, czyli $o \lhd CP$, to *CP* jest zbiorem (słownie: przedmiot mający zbiór jako część, jest

zbiorem). Uwaga: ponieważ chodzi tu o zbiory, to relację bycia częścią można interpretować tylko jako inkluzję (zwykłą: $\subset$ lub właściwą: $\subsetneq$).

Dowód twierdzenia (2). Jeżeli *CP* jest indywiduum: $CP \in I$, a zakładamy, że *o* jest częścią *CP*, czyli $o \lhd CP$, to *o* jest także indywiduum: $o \in I$ (słownie: część indywiduum jest indywiduum). Jeżeli zaś *o* jest indywiduum: $o \in I$, a zakładamy, że *o* jest częścią *CP*, czyli $o \lhd CP$, to *CP* jest indywiduum (słownie: przemiot mający część mereologiczną jest indywiduum). Uwaga: ponieważ chodzi tu o indywidua, to relację bycią częścią można interpretować tylko jako relację, w którą wchodzą jedynie indywidua.

Wróćmy do pozostałych stosunków w serii: *p*, *o*, *CP* (te między *o* i *CP* zostały już wyżej ustalone).

Dla relacjonizmu mnogościowego (*RELMN*) stosunki te wyraża formuła:

(i) $x \in p \in o \subset CP$ (*ZZ*).

Składa się ona z czterech twierdzeń.

(1) $x \in p$ (ściślej: $\bigwedge x \bigvee p\ (x \in p)$) — wynika z założonej tu definicji „punktów" przez abstrakcję (zob. [Augustynek 1992]), według której punkty są to zbiory wzajemnie koincydujących czasoprzestrzennie zdarzeń punktowych (*x*-ów). Jest to zarazem odpowiedź na pytanie zadane wcześniej: zbiorami jakich elementów są punkty?

(2) $p \in CP$ (ściślej: $\bigwedge p\ (p \in \mathrm{CP})$) — wynika z przyjętego uprzednio ogólnego założenia, że punkty są «składnikami» czasoprzestrzeni, zinterpretowanego mnogościowo (tj. za pomocą relacji $\in$). Omawiane twierdzenie wynika *nb.* z formuły (i).

(3) $o \subset CP$ — stanowi założenie wcześniej przyjęte, że *o*-y są częściami mnogościowymi *CP* (przy $CP \in Z$).

(4) $p \in o$ — jest oczywiste wobec twierdzeń (2) oraz (3).

Substantywizm mnogościowy (*SUBMN*) charakteryzuje formuła:

(ii) $p \in o \subset CP$ (*IZ*).

Obejmuje ona trzy twierdzenia.

(1) $p \in CP$ — wynika (jak w (i)) z założenia, że „punkty są składnikami czasoprzestrzeni", które interpretuje się mnogościowo.

(2) $o \subset CP$ — to przyjęte już założenie, że *o*-y są częściami mnogościowymi *CP* (przy: $CP \in Z$).

(3) $p \in o$ — jest zaś oczywiste ze względu na twierdzenia (1) i (2).

Substantywizm mereologiczny (*SUBMR*) oddaje formuła:

(iii) $p \lhd o \lhd CP$ (*II*).

Według obu wymienionych klasyfikacji oraz twierdzenia (2) (zob. wyżej) wszystkie obiekty z serii *p*, *o*, *CP* są indywiduami. Wobec tego mogą między nimi zachodzić jedynie stosunki mereologiczne; w szczególności chodzi tutaj o relację (mereologiczną)$\lhd$ bycia częścią, o której już wiemy, że jej polem jest klasa *I*.

Powyższa formuła zawiera trzy twierdzenia.

(1) $p \lhd CP$ — wynika z założenia, że „punkty są składnikami czasoprzestrzeni", które interpretuje się mereologicznie.

(2) $o \lhd CP$ oraz (3) $p \lhd o$ — wynikają stąd, że wszystkie te obiekty są indywiduami oraz z mereologicznie intuicyjnyego założenia, że obszary o są mniejsze od samej czasoprzestrzeni CP a większe od punktów p, czyli twierdzenia: $p < o < CP$, gdzie $<$ stanowi relację (mereologiczną) mniejszości dla indywiduów.

Należy w tym miejscu zauważyć, że występują i są bronione dwie odmiany substantywizmu mereologicznego, Pierwszą można nazwać „kauzalną" dlatego, że wedle niej punkty czasoprzestrzenne oddziaływają fizycznie (są kauzalnie aktywne). Drugą nazwiemy „akauzalną" z tej racji, że odmawia ona punktom czasoprzestrzennym zdolności oddziaływania fizycznego (są one kauzalnie pasywne). Do tych form substantywizmu mereologicznego jeszcze powrócę. Jak widać wkraczają one w kwestię natury fizycznej punktów jako indywiduów, a także — w konsekwencji — obszarów czasoprzestrzennych i samej czasoprzestrzeni.

Zauważmy wreszcie, że powyższe klasyfikacje oraz uzyskane przez ich skrzyżowanie stanowiska można powielić dla czasu i przestrzeni oddzielnie; zgodnie ze szczególną teorią względności — względnego czasu i względnej przestrzeni, tj. czasu i przestrzeni zrelatywizowanych do inercjalnych układów odniesienia.

Dla czasu, na przykład, będziemy mieli analogiczne stanowiska dla serii obiektów czasowych: m_u, i_u, C_u, gdzie elementy tej serii oznaczają: moment, interwał i czas, zaś u oznacza układ inercjalny. Oto formuły tych stanowisk:

RELMN: $x \in m_u \in i_u \subset C_u$ (*ZZ*)

SUBMN: $m_u \in i_u \subset C_u$ (*IZ*)

SUBMR: $m_u \lhd i_u \lhd C_u$ (*IZ*)

Uwaga: x jest oczywiście zmienną zdarzeń punktowych.

Stosunki *p*, *o*, *CP* do świata fizycznego

Chodzi tutaj o to, jak w wymienionych stanowiskach stosunki te wyglądają. Dla naszych celów ograniczę się do stosunków między punktami czasoprzestrzennymi a obiektami fizycznymi, zwanymi — powiedzmy — „elementami świata fizycznego".

Otóż okazuje się, że elementy (a więc i ten świat) są — a nawet muszą być — odmiennie określone w różnych rozważanych tu stanowiskach. Według stanowisk mnogościowych czyli *RELMN* oraz *SUBMN*, elementy identyfikuje się ze zdarzeniami (czasoprzestrzennie) punktowymi, zaś świat fizyczny z ich uniwersalnym zbiorem mnogościowym; dodajmy, że w *RELMN* obiekty fizyczne takie, jak cząstki i pola, traktuje się jako swoiste podzbiory tego zbioru.

W obu tych stanowiskach na podstawie doświadczenia akceptuje się twierdzenie następujące:

T1. $\bigwedge x \bigvee p\, Z(x, p)$.

Słownie: każde zdarzenie zachodzi w pewnym punkcie; Z stanowi tu relację zachodzenia zdarzeń w punktach.

W relacjonizmie mnogościowym przyjmuje się nadto twierdzenie:

T2. $\bigwedge p \bigvee x\, Z(x, p)$.

Słownie: w każdym punkcie zachodzi pewne zdarzenie; nie ma zatem «pustych», bezzdarzeniowych punktów. T2 wynika z definicji punktów przez abstrakcję, jest zatem wmontowane w to stanowisko.

Natomiast w substantywizmie mnogościowym nie przyjmuje się T2 ani jego negacji: $\bigvee p \bigwedge x \sim Z(x, p)$. Wobec tego dopuszcza się możliwość istnienia «pustych», bezzdarzeniowych punktów. Podstawa tego tkwi w tym, że punkty są tutaj traktowane jako indywidua, *ergo* są *selfexisting* względem zdarzeń (w przeciwieństwie do *RELMN*).

Odnośnie do charakteru elementów świata fizycznego, charakteru zakładanego przez substantywizm mereologiczny, jasne jest, że elementy te identyfikuje się z obiektami fizycznymi czasoprzestrzennie rozciągłymi, zaś świat fizyczny — z ich sumą mereologiczną.

Na tymże stanowisku akceptuje się twierdzenie:

T1′. $\bigwedge x' \bigvee p\, Z(x', p)$.

Słownie: każdy obiekt fizyczny (x') zachodzi w pewnym punkcie (p).

W omawianym stanowisku można (ale — jak sądzę — nie jest to konieczne) przyjąć twierdzenie: $\bigwedge p \bigvee x'\, Z(x', p)$, tj. że nie ma «pustych», bezobiektowych punktów. Można to odrzucić z tej racji, że punkty (traktowane tu jako indywidua) są *selfexisting* względem obiektów fizycznych (oczywiście, jeśli tylko ten wzgląd mieć na uwadze).

Egzystencjalne konsekwencje stanowisk

Łatwo wykazać, że określone stanowiska dotyczące ontycznej natury obiektów czasoprzestrzennych (a także czasowych i przestrzennych — oddzielnie) implikują (logicznie) określone wnioski egzystencjalne co do istnienia zbiorów mnogościowych — lub takich wniosków nie implikują. Dodajmy: jeżeli zakłada się Quine'a koncepcję istnienia.

Rzeczywiście, opisane stanowiska mnogościowe: *RELMN* oraz *SUBMN*, przyjmujące, że czasoprzestrzeń *CP*, a także obszary *o*, są zbiorami mnogościowymi — obojętnie, czy punktów-zbiorów zdarzeń (*RELMN*), czy punktów-indywiduów (*SUBMN*) — implikują, że istnieją zbiory.

Ten sam wniosek wynika z identyfikacji czasu C_u i przestrzeni P_u z pewnymi zbiorami (odpowiednio: momentów i punktów przestrzennych). W ten sposób oba te stanowiska angażują ontologicznie w istnienie zbiorów, czyli w pogląd, który za P. Maddy ([Maddy 1992]) nazywam „realizmem teoriomnogościowym" (*set-theoretic realism*). W swym uzasadnieniu tego realizmu P. Maddy odwołuje się do zbiorów ufundowanych w obiektach fizycznych.

Jeżli chce się uniknąć tego poglądu (w rozważanym tu kontekście), to trzeba albo (1) zrezygnować z Quine'a koncepcji istnienia, albo (2) odrzucić stanowiska mno-

gościowe (*RELMN* i *SUBMN*) w sprawie ontycznej natury czasoprzestrzeni: *tertium non datur*.

H. Field ([Field 1980] i [Field 1989]) — jako nominalista nie uznający istnienia żadnych przedmiotów nieindywiduowych, w tym żadnych przedmiotów matematycznych, a zarazem akceptujący Quine'a koncepcję istnienia — wybiera drugi człon wymienionej alternatywy: odrzuca stanowiska mnogościowe (zresztą zupełnie gołosłownie), a akceptuje substantywizm mereologiczny. Na dodatek — czego dla uniknięcia realizmu mnogościowego wcale robić nie musi — przyjmuje kauzalną postać tego substantywizmu. Dlaczego — nie rozumiem; tym bardziej, że jest to postać ewidentnie kontrowersyjna.

Jak z powyższych rozważań widać — spór między stanowiskami mnogościowymi z jednej strony, a mereologicznym z drugiej — jest silnie uwikłany w jeden z najtrudniejszych problemów ontologicznych (i filozoficznych w ogóle): czy istnieją przedmioty nieindywiduowe, czy tylko — indywidua. Z punktu widzenia rozważanej tu problematyki ontycznej czasoprzestrzeni — problem ten rysuje się jasno i ogranicza się wyraźnie do kwestii istnienia zbiorów. Sądzę, że w tym kontekście jest to sytuacja filozoficznie korzystna.

Reprezentanci stanowisk

Wyraźnym i zdecydowanym (na wszelkie konsekwencje) adherentem kauzalnego substantywizmu mereologicznego jest obecnie wspomniany H. Field ([Field 1980], [Field 1989]). Mimo szerokiej i uzasadnionej krytyki ([Malament 1982], [Resnik 1983], [Sklar 1985] i inni), H. Field swą pozycję podtrzymuje i zdecydowanie jej broni. Poza nim nie znam — z literatury — innych zwolenników tego stanowiska.

Za akauzalnym substantywizmem mereologicznym opowiada się J. Jadacki ([Augustynek-Jadacki 1993]). Warto zaznaczyć, że definiując „czasoprzestrzeń" jako „największy obszar czasoprzestrzenny", zaś „punkty czasoprzestrzenne" jako „najmniejsze (chociaż czasoprzestrzennie rozciągłe) takie obszary", zakłada wyraźnie «atomy» (res*p*. «kwanty») czasoprzestrzenne, co czyni jego pogląd bardzo interesującym. Przez swą akauzalność pogląd ten nie jest narażony na te zarzuty, z którymi nie daje sobie rady H. Field.

Dla obu stanowisk mnogościowych charakterystyczne jest — wzięte z teorii względności — utożsamienie czasoprzestrzeni z pewną czterowymiarową rozmaitością różniczkową, a więc z pewnym zbiorem mnogościowym (zob. [Kopczyński-Trautman 1992]).

Substantywizm mnogościowy cechuje tzw. «nową falę» w filozofii czasoprzestrzeni, reprezentowaną przez autorów takiej klasy, jak J. Earman, M. Friedman, L. Sklar (zob. [Earman 1989], [Friedman 1983] i [Sklar 1976]) i wielu innych. Myślę, że także większość fizyków — to zwolennicy tego stanowiska.

Co do relacjonizmu mnogościowego, który różni się od mnogościowego substantywizmu głównie tym, że także punkty traktuje jako zbiory, a w rezultacie nie dopuszcza

istnienia «pustych» punktów, to współczesnym adherentem tego stanowiska jest autor tych słów (zob. [Augustynek 1992] i [Augustynek-Jadacki 1993]).

Posiada ono długą polską tradycję. Jego pionierem w Polsce był H. Mehlberg ([Mehlberg 1935-1937]); później reprezentował to stanowisko w stosunku do czasu K. Ajdukiewicz ([Ajdukiewicz 1965]). Pozycję K. Ajdukiewicza można zapisać znaną już formułą:

$x \in m_u \in i_u \subset C_u$.

Tutaj x oznacza zdarzenia punktowe, m_u — momenty, klasy abstrakcji od relacji równoczesności w uniwersalnym zbiorze takich zdarzeń, i_u — interwały czasu (ciągłe i ograniczone zbiory momentów), zaś C_u — czas względny, będący uniwersalnym zbiorem momentów.

Należy zaznaczyć, że H. Mehlberg zmienił swoje poglądy (zob. [Mehlberg 1966]), Zrezygnował on mianowicie z relacjonizmu mnogościowego na rzecz mnogościowego substantywizmu. Odwołując się do poglądu, że czasoprzestrzeń jest nośnikiem pól fizycznych oraz do faktu, że istnieją puste rozwiązania równań pola ogólnej teorii względności, doszedł do wniosku, że czasoprzestrzeń jest samoistna względem świata fizycznego, czyli że punkty są indywiduami, a nie — zbiorami zdarzeń.

Zakończenie

W artykule tym zamierzałem początkowo przedstawić także polemikę z obiema odmianami stanowiska mereologicznego, tj. z kauzalnym substantywizmem H. Fielda oraz akauzalnym substantywizmem J. Jadackiego. Zakłada to jednak precyzyjną analizę tych stanowisk i dokładne wyważenie argumentów przeciw nim skierowanych. To zaś wymaga głębszych przemyśleń i odrębnego, obszernego artykułu.

Tu pragnę tylko zauważyć, że jeślibym musiał wybierać między pozycją Fielda a pozycją Jadackiego, to wybrałbym zdecydowanie akauzalny substantywizm Jadackiego, H. Field dokonał bowiem — moim zdaniem — niczym nie uzasadnionej i kolidującej z fizyką identyfikacji punktów czasoprzestrzennych z ulokowanymi w nich obiektami fizycznymi. Tego zaś w żanym wypadku nie można zaakceptować, albowiem — jak sądzę — oddziałuje obiekt fizyczny, a nie jego lokacja.

LITERATURA

K. Ajdukiewicz

1965 - „Czas", [w:] *Język i poznanie*. T. II, Warszawa, PWN, s. 384-387.

Z. Augustynek

1992 - „Czasoprzestrzeń a świat fizyczny", *Kwartalnik Filozoficzny*, t. 20, z. 4, s. 65-81.

Z. Augustynek & J. Jadacki

1993 - *Possible Ontologies*, Amsterdam-Atlanta, Rodopi.

J. Earman

1989 - *World Enough and Space-Time*, Cambridge, MIT.

H. Field

1980 - *Science without Numbers*, Oxford, Princeton University Press.

1989 - *Realism, Mathematics and Modality*, Oxford, Basil Blackwell.

M. Friedman

1983 - *Foundation of Space-Time Theories*, Princeton, Princeton University Press.

R. Grossmann

1983 - *The Categorial Structure of the World*, Bloomington, Indiana University Press.

W. Kopczyński & A. Trautman

1992 - *Spacetime and Gravitation*, Chichester - Warszawa, Wiley - PWN.

T. Kotarbiński

1961 - *Elementy teorii poznania, logiki formalnej i metodologii nauk*, Wrocław, Ossolineum.

D. Malament

1982 - „Review of Field", *Journal of Philosophy*, vol.79, s. 523-534.

H. Mehlberg

1935-1937 - „Essay sur la theorie causale du temps", *Studia Philosophica*, vol. I & II,

1966 - „Relativity and Atom", [w:] P. Feyerabend & G. Maxwell (eds), *Mind, Matter and Method*, Minneapolis, University of Minnesota Press, s. 449-491.

M. Resnik

1983 - „Review of Field", *Nous* 27, 514-519.

L. Sklar

1976 - *Space, Time and Space-Time*, Berkeley, University of California Press.

1985 - „Comments on H. Field's *Can We Dispense with Space-Time?*", P. Asquith & P. Kitcher (eds), *PSA* 1984 vol. 2, East Lansing PSA, s. 101-105.