Filozofia Nauki
Rok IV, 1996, Nr 4(16)

Zdzisław Augustynek

Relacje czasoprzestrzenne*

Wstęp

Analizując stanowiska (przede wszystkim mnogościowe, ale również mereologiczne) dotyczące ontycznej natury czasoprzestrzeni (zob. [Augustynek, 1994]), łatwo dostrzegamy fundamentalną rolę, jaką grają w ich sformułowaniu relacje czasoprzestrzenne.

Niniejsze rozważania będą się koncentrować właśnie na tych relacjach: na ich typach, naturze ontycznej, na ich wieloaspektowości, na wzajemnych związkach definicyjnych (i innych) między nimi, na ich związkach z relacjami fizycznymi, wreszcie na fakcie, że kreują one różne inne typy obiektów czasoprzestrzennych.

W ten sposób zostanie wypełniona luka w rozważaniach z ontologii czasoprzestrzeni, które skupiają się przede wszystkim na przedmiotach czasoprzestrzennych, takich jak punkty, obszary i sama czasoprzestrzeń oraz na własnościach tych przedmiotów. W rozważaniach tych występują wprawdzie odwołania do relacji czasoprzestrzennych, ale raczej jako do narzędzia, a nie odrębnego (względnie) obszaru badań.

I. Typy relacji czasoprzestrzennych

Istnieją dwie podstawowe klasyfikacje relacji czasoprzestrzennych. Pierwsza — to podział na relacje: (a) czasowe, (b) przestrzenne oraz (c) *stricte* czasoprzestrzenne (mieszane). Druga — to podział na relacje: (α) relatywistycznie względne (zależne od inercjalnego układu odniesienia) oraz (β) relatywistycznie absolutne (niezależne od takiego układu). Względność relacji zaznaczam indeksem u (układ inercjalny); relacja absolutna nie ma takiego indeksu.

*Opracowane w ramach grantu KBN nr 1H01A01708.

Krzyżując pierwszą klasyfikację z drugą, otrzymujemy następujące typy relacji:

(a, α) — czasowe względne: W_u, $\breve{W}_u$, R_u, $\overline{R}_u$.

Oznaczenia: W_u — wcześniej względnie, $\breve{W}_u$ — później względnie, R_u — równocześnie względnie, $\overline{R}_u$ — nierównocześnie względnie.

(a, β) — czasowe absolutne: W, $\breve{W}$, R, $\overline{R}$.

Oznaczenia: W — wcześniej absolutnie, $\breve{W}$ — później absolutnie, R — *quasi*-równocześnie (absolutnie), $\overline{R}$ — separacja czasowa absolutna.

(b, α) — przestrzenne względne: L_u, $\overline{L}_u$.

Oznaczenia: L_u — kolokalnie względnie, $\overline{L}_u$ — separacja przestrzenna względna.

(b, β) — przestrzenne absolutne: L, $\overline{L}$.

Oznaczenia: L — *quasi*-kolokalnie (absolutnie), $\overline{L}$ — separacja przestrzenna absolutna.

(c,β) — czasoprzestrzenne absolutne: K, $R \cap L$, $R \cap \overline{L}$, $\overline{R} \cap L$, $\overline{R} \cap \overline{L}$.

Oznaczenia: K — koincydencja czasoprzestrzenna.

Uwaga. Wszystkie relacje *stricte* czasoprzestrzenne (c) są absolutne, nawet jeśli są równoważne iloczynom relacji czasowych i przestrzennych względnych; np. wprawdzie $K = R \cap L$, ale również $K = R_u \cap L_u$, *ergo* $R_u \cap L_u = R \cap L$ (*sic*!). Dodajmy, że ponieważ relacje *stricte* czasoprzestrzenne są absolutne, istnieje tylko pięć typów relacji czasoprzestrzennych.

II. Natura ontyczna relacji czasoprzestrzennych

Według teorii mnogości każda relacja binarna Q określona w zbiorze A jest jakimś podzbiorem iloczynu kartezjańskiego zbioru A czyli $Q \subset A \times A$, który to iloczyn jest zbiorem uporządkowanych par złożonych z elementów zbioru A. Wobec tego każda relacja Q jest zbiorem (mnogościowym).

Ponieważ powyższa definicja oraz wynikające z niej twierdzenie stosuje się do relacji czasoprzestrzennych (czasowych przestrzennych i *stricte* czasoprzestrzennych), relacje te są oczywiście zbiorami mnogościowymi.

W ten sposób zostaje rozstrzygnięta kwestia ich natury ontycznej: czy są one takimi zbiorami, czy nie. Natura ta jest mianowicie taka sama, jak natura ontyczna czasoprzestrzeni (rozumianej jako pewna rozmaitość). Z tego powodu nie rozpatrywałem tej sprawy w artykule dotyczącym natury czasoprzestrzeni [Augustynek, 1994]. Rozważana sprawa wygląda tak, jak zarysowano wyżej, jedynie w stanowiskach mnogościowych (REL i SUBMN), które zakładają *explicite* teorię mnogości i przygniatającą większość obiektów czasoprzestrzennych (jeśli nie wszystkie, jak REL) traktują jako zbiory mnogościowe.

Natomiast z punktu widzenia stanowisk mereologicznych, np. H. Fielda i J. Jadackiego, relacje czasoprzestrzenne (podobnie jak własności czasoprzestrzenne) muszą być zinterpretowane jako obiekty odmienne od zbiorów mnogościowych (czyli indywidua, a więc niezbiory). Wymaga tego tkwiąca w tle tych stanowisk (tj. mereologicznych) doktryna nominalizmu.

Na czym jednak ta interpretacja nominalistyczna miałaby polegać — nie wiem; podejrzewam, że nie wiedzą tego również wyżej wymienieni autorzy. Trzymanie się potocznego (niemnogościowego) ujęcia tych relacji oczywiście nie rozwiązuje kwestii: poza własnościami — relacje, zresztą nie tylko czasoprzestrzenne, a dowolne — zawsze były klasycznymi paradygmatami przedmiotów abstrakcyjnych (*resp*. uniwersaliów) odrzucanych przez nominalizm.

Wracając do ujęcia mnogościowego relacji czasoprzestrzennych: fakt, że relacje te są zbiorami, implikuje tezę tzw. realizmu mnogościowego, czyli twierdzenie, że istnieją zbiory. (Analogicznie pociąga tę tezę fakt, że czasoprzestrzeń jest pewną rozmaitością — zob. szczegółowe rozważania dotyczące tej sprawy w moim artykule: „Natura czasoprzestrzeni a istnienie zbiorów" [Augustynek, 1995].)

III. Kreatywność relacji czasoprzestrzennych

Przez kreatywność relacji czasoprzestrzennych rozumiem to, że za ich pomocą formułuje się definicje niemal wszystkich (*sic*!) pozostałych obiektów czasoprzestrzennych: przedmiotów czasoprzestrzennych oraz własności czasoprzestrzennych, przysługujących zarówno obiektom czasoprzestrzennym, jak i obiektom *stricte* fizycznym. Ta rola naszych relacji jest szczególnie wyraźnie zaznaczona w stanowiskach mnogościowych (REL i SUBMN).

W relacjonizmie: punkty czasoprzestrzenne (p), momenty (m_u) i punkty przestrzenne (p_u') są zdefiniowane przez abstrakcję za pomocą odpowiednich relacji czasoprzestrzennych, a to — odpowiednio — K, R_u i L_u, których polem jest zbiór S wszystkich zdarzeń punktowych. Bez tych relacji definicje takie nie byłyby w ogóle możliwe.

Inne relacje czasoprzestrzenne partycypują w definicjach obszarów czasoprzestrzennych (o), interwałów czasowych (i_u) i obszarów przestrzennych (k_u). Polami tych relacji są odpowiednio: czasoprzestrzeń CP, czas C_u i przestrzeń fizyczna P_u.

Relacje W, R, $\breve{W}$ określone na zbiorze zdarzeń S definiują odpowiednie zbiory zdarzeń: P_x, N_x, F_x, czyli absolutną przeszłość względem x, *quasi*-równoczesność względem x, oraz absolutną przyszłość względem x (gdzie x jest dowolnym zdarzeniem). Relacje W_u, R_u, $\breve{W}_u$, określone na zbiorze momentów S/R, definiują zaś odpowiednie zbiory momentów: P_m, N_m, F_m, czyli względną przeszłość, względną teraźniejszość i względną przyszłość (względem m).

Jeżeli chodzi o własności czasoprzestrzenne zdefiniowane przez relacje czasoprzestrzenne, to wymienimy przykładowo tylko dwie z nich, ale — ważne.

Pierwsza z nich — to rozciągłość (czasowa Ec oraz przestrzenna Ep, zdefiniowane odpowiednio: przez absolutną separację czasową $\overline{R}$ oraz przez absolutną separację przestrzenną $\overline{L}$). Własność ta może odnosić się do zbiorów zdarzeń punktowych (zob. [Augustynek, 1990]) — i wtedy indukuje interesujące podziały przedmiotów fizycznych — jak i do przedmiotów czasoprzestrzennych już zdefiniowanych, jak np. o, CP

oraz i_u, C_u, k_u i P_u; w obu wypadkach wyżej wymienione relacje czasoprzestrzenne mają odmienne pola.

Drugą własnością, o którą chodzi, jest ciągłość (spójność). Własność tę posiada każdy interwał czasowy, podobnie jak czas, a jest ona zdefiniowana przez relację względnej wcześniejszości W_u (podobnie jak słabsza od niej własność, mianowicie — gęstość). Własność ciągłości może również (i musi!) odnosić się do obiektów fizycznych, traktowanych jako zbiory ich przekrojów czasowych. W tym wypadku polem relacji W_u są takie właśnie zbiory, a nie zbiory momentów, jak w wypadku pierwszym, tj. ciągłości interwału.

Kreatywność relacji czasowych szczególnie uwidacznia się w stosunku do tzw. globalnych przedmiotów czasoprzestrzennych. Na czoło wysuwa się tutaj (tkwiąca *implicite* w szczególnej teorii względności) tzw. definicja czasu przez abstrakcję, mającą postać: $\langle S/R_u, W_u' \rangle$ i głosząca, że czas jest zbiorem momentów (S/R_u), uporządkowanym liniowo przez relację względnej wcześniejszości (W_u'). Zauważmy, że gdy polem relacji R_u jest zbiór S, tj. zbiór wszystkich zdarzeń, to polem relacji W_u' jest zbiór S/R, tj. zbiór wszystkich momentów. Tzw. Leibnizowska definicja czasu (w mojej interpretacji ma formę $\langle S, W \rangle$) głosi, że czas jest uporządkowanym (częściowo) przez relację absolutnej wcześniejszości (W) zbiorem zdarzeń S.

W tym miejscu należy podkreślić, że wagę relacji w koncepcji czasu (i przestrzeni) pierwszy zauważył Leibniz. I nie tylko zauważył — zastosował relację czasową do skonstruowania własnej fizykalistycznej koncepcji czasu, wedle której nie ma momentów. Zastępują je obiekty fizyczne, według Leibniza — rzeczy: „Czas jest porządkiem następstwa rzeczy". Oczywiście Leibniz mógłby się nie zgodzić na podaną wyżej interpretację tej definicji — zarówno co do użycia zdarzeń zamiast rzeczy, jak i odnośnie do użycia relacji porządkującej W (ściślej mówiąc $\breve{W}$), a zwłaszcza co do traktowania jej jako przedmiot abstrakcyjny. Ale to już inna — raczej historyczna — sprawa.

IV. Wieloaspektowość relacji przestrzennych

Relacje przestrzenne cechuje wieloaspektowość. Chodzi o to, że treściowo (intensjonalnie — brak mi tu bardziej adekwatnego terminu) te same relacje czasoprzestrzenne posiadają w różnych kontekstach fizyki (nie tylko koncepcji czasoprzestrzeni) różne pola. Oczywiście pola te są często pokrewne.

Chodzi również o to, że treściowo te same relacje czasoprzestrzenne (a przynajmniej wiele z nich) są w jednych kontekstach relatywistycznie względne, w innych zaś relatywistycznie absolutne. Ten drugi stan rzeczy nierzadko jest związany z pierwszym.

Przegląd relacji czasoprzestrzennych z powyższego punktu widzenia rozpoczniemy od relacji względnych.

W stanowisku REL, w pewnych kontekstach, polem relacji W_u, R_u, $\breve{W}_u$ jest zbiór wszystkich zdarzeń punktowych S. Mamy więc: $F(W_u) = F(R_u) = F(\breve{W}_u) = S$ (gdzie F oznacza pole). To samo odnosi się do relacji przestrzennych: L_u, $\bar{L}_u$.

Według stanowiska REL, ale w innych kontekstach, polem wyżej wymienionych relacji czasowych jest zbiór wszystkich momentów S/R_u. Mamy więc: $F(W_u') = F(R_u') = F(\breve{W}_u') = S/R_u$ i dlatego oznaczamy te relacje — dla odróżnienia od poprzednich — apostrofem, np. w definicji $\langle S/R, W_u' \rangle$. Analogiczna sytuacja ma miejsce w wypadku relacji przestrzennych L_u' i $\bar{L}_u'$, których polem jest zbiór punktów przestrzennych S/L_u.

Dodajmy, że relacje W_u, R_u i $\breve{W}_u$ stosuje się czasem do interwałów czasowych (polem ich jest wtedy zbiór $\hat{i}_u$) zaś relacje L_u i $\bar{L}_u$ — do obszarów przestrzennych (wtedy polem ich jest zbiór $\hat{k}_u$). Także w tym wypadku trzeba te relacje odróżniać od wcześniej wymienionych.

Wedle stanowiska SUBMN polem relacji czasowych W_u, R_u i $\breve{W}_u$ jest przede wszystkim zbiór wszystkich punktów czasoprzestrzennych. Mamy więc: $F(W_u) = F(R_u) = F(\breve{W}_u) = CP$. To samo dotyczy relacji przestrzennych, czyli L_u i $\bar{L}_u$.

Na tym stanowisku, w innych kontekstach, polem wyżej wymienionych relacji czasowych jest zbiór wszystkich momentów CP/R_u. Mamy wtedy: $F(W_u') = F(R_u') = F(W_u') = CP/R_u$; także tutaj konieczne są stosowne odróżnienia. Analogiczna sytuacja występuje w wypadku relacji przestrzennych L_u' i L_u', których polem jest zbiór punktów przestrzennych CP/L_u.

Rozpatrzmy teraz relacje czasoprzestrzenne relatywistycznie absolutne. Relacją, która jest we wszystkich kontekstach i stanowiskach absolutna, jest relacja koincydencji czasoprzestrzennej K. Posiada ona tę cechę zarówno wtedy, kiedy jej polem są zdarzenia: $F(K) = S$, jak i wtedy, kiedy jej polem są punkty czasoprzestrzenne: $F(K) = CP$.

Niektórzy autorzy traktują tę relację jako tożsamą z relacją identyczności logicznej, ale jest to pogląd błędny. Piszę o tym nieco więcej w odrębnym artykule o relacji genidentyczności [Augustynek, 1984].

Z faktu, że można ją zdefiniować za pomocą relacji R_u i L_u: $K = R_u \cap L_u$ (albo relacji R i L: $K = R \cap L$), wynika, że jej polem nie mogą być inne zbiory poza wymienionymi, tj. S lub CP. Na przykład nie może być takim polem zbiór momentów S/R_u, bowiem między momentami może zachodzić relacja równoczesności (wtedy są one identyczne), ale nie może zachodzić relacja kolokacji.

Według stanowiska REL polem absolutnych relacji czasowych W, R, $\breve{W}$ jest zbiór wszystkich zdarzeń punktowych S. Mamy więc: $F(W) = F(R) = F(\breve{W}) = S$. To samo odnosi się do absolutnych relacji przestrzennych L i $\bar{L}$.

Na tym stanowisku wymienione relacje czasowe nie stosują się do momentów z racji ich względności. Podobnie — na tymże stanowisku — podane wyżej absolutne relacje przestrzenne nie stosują się do punktów przestrzennych, znowu z racji (dodajmy) względności tych punktów.

Warto może zauważyć, że z tego właśnie powodu nie ma sensu następująca definicja czasu: $\langle M, W\rangle$, gdzie M stanowi zbiór wszystkich (względnych) momentów.

W ramach stanowiska SUBMN polem absolutnych relacji czasowych W, R, $\breve{W}$ jest przede wszystkim zbiór wszystkich punktów CP (ewentualnie również obszarów czasoprzestrzennych). Mamy więc: $F(W) = F(R) = F(\breve{W}) = CP$. Kiedy wiążemy SUBMN z ewentystycznym ujęciem świata fizycznego w koncepcji dualizmu DUA (zob. [Augustynek, 1993]), to polem tych relacji jest również zbiór wszystkich zdarzeń S; są one bowiem wtedy innym typem indywiduów niż punkty.

Z racji względności momentów oraz punktów przestrzennych omawiane relacje absolutne — czasowe i przestrzenne — nie posiadają zastosowania w SUBMN (podobnie zresztą jak wewnątrz stanowiska REL).

V. Związki między relacjami czasoprzestrzennymi

Rozpatrywać dalej będę głównie relacje czasowe względne i absolutne, których polem jest zbiór zdarzeń S i zbiór momentów S/R_u. Rozważania będą się toczyć wewnątrz stanowiska REL.

Wyjdźmy od relacji względnie wcześniej W_u; jak zobaczymy, nie jest to wybór przypadkowy. Niech $W_u{}^*$ oznacza relację względnej późniejszości, natomiast $R_u{}^*$ — relację względnej równoczesności. Polem wszystkich wyżej wymienionych relacji jest zbiór S.

Łatwo zdefiniować $W_u{}^*$ i $R_u{}^*$ za pomocą W_u:

D1. $W_u{}^* = \breve{W}_u$.

Względna późniejszość $W_u{}^*$ jest więc konwersem relacji względnej wcześniejszości W_u (odtąd zamiast $W_u{}^*$ będziemy pisać $\breve{W}_u$).

D2. $R_u{}^* = \overline{W_u} \cap \overline{\breve{W}_u}$.

Względna równoczesność $R_u{}^*$ jest iloczynem negacji relacji względnej wcześniejszości W_u i (już określonej) względnej późniejszości $\breve{W}_u$ (zamiast $R_u{}^*$ używać będziemy symbolu R_u).

Oczywiście polem zdefiniowanych relacji jest zbiór S. Dodajmy, że $\breve{W}_u$ jest podobnie jak W_u — asymetryczna i tranzytywna (*ergo irr* w zbiorze S; natomiast R_u jest w zbiorze S relacją równoważnościową, tj. *aeq* (*ref*, *sym* i *trans*).

Dla pełnego obrazu zdefiniujmy jeszcze relację względnej separacji czasowej $\overline{R}_u{}^*$ (czyli negację relacji $R_u{}^*$):

D3. $\overline{R}_u{}^* = \overline{R}_u$.

czyli wobec D2.:

$R_u{}^* = W_u \cup \breve{W}_u$.

Ta relacja jest w S *irr*, *sym* i nie-*trans*.

Wyżej przedstawione definicje można rozszerzyć na absolutne relacje czasowe: absolutnej wcześniejszości W, absolutnej późniejszości $\breve{W}^*$ i *quasi*-równoczesności R^*

oraz absolutnej separacji czasowej $\overline{R}^*$ — wszystkie określone w S (brak indeksu u oznacza ich absolutny charakter). Mamy więc:

D4. $\breve{W}^* = \breve{W}$.

D5. $R^* = W \cap \overline{\breve{W}}\ (= R)$.

D6. $\overline{R}^* = \overline{R}$.

Uwaga. Relacja absolutna R jest wprawdzie, podobnie jak R_u, relacją *ref* i *sym*, ale nie jest *trans*, stąd nazwa — „*quasi*-równoczesność".

Wyniki tych rozważań nad grupami relacji: W_u, R_u, $\breve{W}_u$, $\overline{R}_u$ oraz W, R, $\breve{W}$, $\overline{R}$ — można przedstawić w następujących diagramach:

$$\begin{tikzcd} & W_u \arrow[dl] \arrow[dr] & & \\ \breve{W} \arrow[rr] & & R_u \arrow[r] & \overline{R}_u \end{tikzcd} \qquad \begin{tikzcd} & W \arrow[dl] \arrow[dr] & & \\ \breve{W} \arrow[rr] & & R \arrow[r] & \overline{R} \end{tikzcd}$$

Uwaga. Strzałka $\longrightarrow$ oznacza kierunek definiowania.

Jeśli zmienimy pole omawianych ośmiu relacji (względnych i absolutnych) ze zbioru S na zbiór *CP*, to nic nie ulegnie zmianie: relacje te w *CP* będą miały te same związki definicyjne między sobą i zachowają te same własności strukturalne. Świadczy to o tym — jak sądzę — jak bliskie są stanowiska REL i SUBMN, a ściślej — pojęcia *zdarzenia punktowego* i *punktu*.

Obecnie rozpatrzymy grupę relacji względnych (W_u', R_u', $\breve{W}_u'$) z polem będącym zbiorem momentów, tj. S/R_u, gdzie polem użytej tu relacji R_u jest oczywiście zbiór S.

Związki definicyjne między elementami tej grupy są takie same, jak podane wyżej D1, D2, D3 dla relacji względnych. Ma tu miejsce jednak pewna ważna różnica we własnościach tych relacji: w zbiorze momentów S/R_u relacja równoczesności utożsamia się (co łatwo dowieść) z relacją identyczności logicznej; czyli: jeśli dwa momenty są równoczesne, to są identyczne (są tym samym momentem) i *vice versa*. W rezultacie relacja W_u' jest w zbiorze momentów S/R_u' nie tylko asymetryczna i tranzytywna, ale także spójna, *ergo* liniowo porządkuje ten zbiór (w układzie u).

Czy istnieją związki definicyjne między wyżej wymienionymi grupami relacji czasowych: względnych i absolutnych? Oczywiście tak. W obu grupach pierwotnymi definicyjnie relacjami (o polu S) są: względna wcześniejszość W_u i absolutna wcześniejszość W. Między nimi zachodzi — według szczególnej teorii względności — następujący związek (który można ująć jako definicję):

D7. $W = \bigcap\limits_u W_u$.

A więc: zdarzenie x jest absolutnie wcześniejsze od zdarzenia y, tj. $W(x, y)$ ztw, gdy w każdym inercjalnym układzie u zdarzenie x jest względnie wcześniejsze od zdarzenia y, tj. $W_u(x, y)$.

Z powyższego twierdzenia-definicji oraz związków R_u z W_u i R z W podanych wyżej, wynika następujące twierdzenie (definicja):

D8. $R = \bigcup\limits_u R_u$ (stąd zaś: $R = \bigcap\limits_u R_u$),

które głosi, że zdarzenie x jest *quasi*-równoczesne ze zdarzeniem y, tj. $R(x, y)$ ztw, gdy przynajmniej w jednym układzie inercjalnym u zdarzenie x jest równoczesne ze zdarzeniem y, tj. $R_u(x, y)$.

Wobec wskazanych związków D7 i D8 okazuje się — może nieco paradoksalnie — że czasowe relacje absolutne są pochodne (definicyjnie) względem czasowych relacji względnych. Bądź co bądź jednak mamy tu do czynienia ze szczególną teorią względności! Oba diagramy trzeba więc uzupełnić dwiema wiążącymi je strzałkami:

$$\begin{tikzcd}
 & W_u \arrow[dl] \arrow[dr] \arrow[rrrr] & & & & W \arrow[dl] \arrow[dr] & & \\
\breve{W} \arrow[rr] & & R_u \arrow[r] \arrow[rrrr, bend right] & \bar{R}_u & \breve{W} \arrow[rr] & & R \arrow[r] & \bar{R}
\end{tikzcd}$$

Czy istnieją związki — w tym: definicyjne — między grupami względnych relacji czasowych: tą, której pole stanowi zbiór S, i tą, o polu będącym zbiorem momentów S/R_u? Na to pytanie także można odpowiedzieć pozytywnie.

W ramach REL jest to odpowiedź naturalna i znajduje wyraz w dwóch kolejnych definicjach:

D9. $W_u'(m, n) \equiv \bigwedge x,y\, [(x \in m \wedge y \in n) \rightarrow W_u(x, y)]$.

A więc: m jest względnie wcześniej od n ztw, gdy dla dowolnych x, y: należą one odpowiednio do m i n, i x jest względnie wcześniej od y; *ergo* W_u' dla momentów jest zdefiniowane przez W_u dla zdarzeń.

D10. $R_u'(m, n) \equiv \bigwedge x,y\, [(x \in m \wedge y \in n) \rightarrow R_u(x, y)]$.

A więc: m jest równoczesne z n ztw, gdy dla dowolnych x i y: należą one odpowiednio do m i n, i x jest równoczesne z y; *ergo* równoczesność zdarzeń definiuje równoczesność momentów.

Na podstawie ostatnich i poprzednich definicji można odpowiedź na nasze pytanie ująć przez następujący diagram:

$$\begin{tikzcd}
W_u' \arrow[d] & W_u \arrow[l] \arrow[r] \arrow[d] & W \arrow[d] \\
R_u' & \bar{R}_u \arrow[l] \arrow[r] & \bar{R}
\end{tikzcd}$$

Tutaj polem relacji W_u' i R_u' jest zbiór momentów S/R_u, polem zaś pozostałych czterech relacji jest zbiór zdarzeń S.

Z diagramu wynika ważny wniosek. Otóż relacja względnej wcześniejszości W_u (dla zdarzeń) definiuje wszystkie inne relacje czasowe. Natomiast żadna inna relacja (ani żadna kombinacja innych relacji) nie definiuje W_u. A zatem gra ona w zbiorze rozważanych relacji czasowych rolę fundamentalną. Ten fakt odpowiada naturalnemu wyróżnieniu tej relacji jako pierwotnie danej nam w potocznym doświadczeniu. Nic dziwnego, że niektórzy filozofowie (przede wszystkim Leibniz, ale nie tylko) w niej właśnie upatrywali sedno natury czasu, chociaż w okresie przedrelatywistycznym nie zdawali sobie sprawy z jej względnego (relatywistycznie) charakteru. Bardziej szczegółowo piszę o tym w artykule o różnych definicjach czasu [Augustynek, 1987].

Jeśli chodzi o związki definicyjne między relacjami przestrzennymi, to są one proste, tym bardziej, że istotnych relacji tego typu jest niewiele.

Wyjściową jest tutaj relacja separacji przestrzennej względnej $\overline{L}_u$ o polu S. Za jej pomocą definiuje się relację kolokacji względnej L_u o tym samym polu. Za pomocą obu tych relacji definiuje się odpowiednie relacje przestrzenne absolutne: $\overline{L}$ oraz L, też o polu S — analogicznie jak $\overline{R}$ i R za pomocą $\overline{R}_u$ i R_u. Wreszcie — także analogicznie — definiuje się względne relacje przestrzenne $\overline{L}_u'$ i L_u' o polu P.

Uwaga. Omawiane relacje przestrzenne można także zastosować do zbioru CP (jak relacje czasowe).

W rezultacie otrzymujemy podobny do czasowego diagram:

$$\begin{tikzcd} \overline{L}_u \arrow[r] \arrow[d] & \overline{L} \arrow[d] \\ L_u \arrow[r] & L \end{tikzcd}$$

Także i z tego diagramu wynika, że fundamentalną rolę odgrywa tutaj relacja względnej separacji przestrzennej — wszystkie pozostałe relacje przestrzenne pochodzą od niej definicyjnie.

VI. Zewnętrzne związki relacji czasoprzestrzennych

Zupełnie odmienny obraz się rysuje, gdy mowa jest o związkach relacji czasoprzestrzennych z relacjami fizycznymi. W swych rozważaniach ograniczę się do absolutnych relacji czasowych oraz przestrzennych, określonych na zbiorze zdarzeń S oraz pewnych, także absolutnych, relacji fizycznych, określonych również na S.

Otóż żadne próby, podejmowane od czasów Leibniza, nie doprowadziły do uzyskania normalnej, tj. równoważnościowej definicji jakiejś relacji czasowej lub przestrzennej przez jakąś relację fizyczną (lub kombinację logiczną relacji fizycznych). To samo dotyczy prób — od Hume'a począwszy — otrzymania definicji normalnych odwrotnych: relacji fizycznych przez relacje czasoprzestrzenne (tutaj ten kierunek badań w zasadzie pominę).

To, co uzyskano, to tylko związki jednostronne (*ergo* nierównoważnościowe), albo związki równoważnościowe, ale warunkowe (o czym będzie mowa poniżej).

Myślę, że otrzymane związki dają się wyrazić w pewnym systemie aksjomatycznym. Stanowi on zmodyfikowany system sformułowany przeze mnie dawniej, a stanowiący wtedy próbę aksjomatycznej definicji relacji identyczności genetycznej [Augustynek, 1984]. Oto on:

A1. $J \subset G \cap R$.

A2. $G \cap R \subset L$.

A3. $G \cap H \subset \overline{R}$.

A4. $G \cap \overline{R} \subset H$.

Oznaczenia: (1) znane relacje czasowe i przestrzenne: R, $\overline{R}$, L; (2) relacje fizyczne: H — tzw. symetryczna relacja przyczynowości (*irref, sym* i nie-*trans*) oraz G — relacja genidentyczności (*aeq*); $G(x, y)$ znaczy, że x i y są zdarzeniami należącymi do jednej rzeczy lub stanowią jej przekroje czasowe; gwarantuje ona trwanie rzeczy w czasie; (3) relacja logiczna J — identyczności logicznej (różna od G!). Polem wszystkich tych relacji jest oczywiście zbiór S.

Rozważmy najpierw krótko wymienione wyżej aksjomaty. A1 jest oczywisty, bowiem G i R są relacjami podobieństwa (a G nawet jest równoważnością). A2 jest to tzw. zasada alibi: gwarantuje ona, że linia światowa rzeczy, do której odnosi się relacja G, nie jest zamknięta. A3 jest postulatem symetrycznej przyczynowości H, ograniczonej tu do G (tj. rzeczy); zwykle formułuje się ten postulat bez tego ograniczenia oraz w formie mocniejszej: $\overrightarrow{H} \subset W$, gdzie relacje $\overrightarrow{H}$ i W są asymetryczne ($\overrightarrow{H}(x, y)$ znaczy: x jest przyczyną y-a). A4 jest zasadą tzw. zwartości kauzalnej rzeczy, tj. jeśli przekroje czasowe rzeczy są rozseparowane czasowo, to wchodzą w relację kauzalną (symetryczną); A4 gwarantuje trwałość (względną oczywiście) rzeczy — zapewnioną właśnie przez spajającą jej przekroje relację H.

Z aksjomatów A3 i A4 wynika interesująca konkluzja:

T1. $\bigwedge x,y \{G(x, y) \rightarrow [\overline{R}(x, y) \equiv H(x, y)]\}$.

Konkluzję tę można zinterpretować jako warunkową definicję absolutnej relacji separacji czasowej $\overline{R}$ przez symetryczną relację kauzalną H (warunkiem jest relacja G, a więc istnienie określonej rzeczy). Uważam, że to jest wszystko, co można odpowiedzialnie stwierdzić na temat związków definicyjnych relacji czasowych z fizycznymi (piszę „fizycznymi" w liczbie mnogiej, bowiem $\overline{R}$ jest tu określona przez H i G).

Myślę, że można przyjąć o wiele silniejszą definicję warunkową

T1′ $\bigwedge x,y \{G(x, y) \rightarrow [W(x, y) \equiv \overrightarrow{H}(x, y)]\}$.

Oczywiście wynika ona z silniejszych aksjomatów:

A3′. $G \cap \overrightarrow{H} \subset W$.

A4′. $G \cap W \subset \overrightarrow{H}$.

W sumie jednak powyższa modyfikacja nie zmienia istoty sprawy: definicja kauzalna relacji W (analogicznie jak definicja kauzalna $\overline{R}$) jest również warunkowa. Inaczej — także i ona nie ma uniwersalnego charakteru (tj. nie jest bezwarunkowa).

Jeśli relacja H (fizycznego oddziaływania) wyraża pewną strukturę świata fizycznego (kauzalną), a relacja $\overline{R}$ (separacji czasowej) — inną strukturę tego świata, to obie te struktury są ze sobą, co prawda, silnie powiązane, ale jednak — odmienne.

Literatura

Z. Augustynek

1984 — „Identyczność genetyczna", *Studia Filozoficzne*, nr 3, s. 31-42.
1987 — „Rodzina definicji czasu", *Zagadnienia Naukoznawstwa*, nr 3-4, s. 469-473.
1990 — „Ewentyzm punktowy", *Studia Filozoficzne*, nr 4, s. 225-233.
1993 — „Ewentyzm a punktyzm", *Filozofia Nauki*, nr 1, s. 37-47.
1994 — „Z ontologii czasoprzestrzeni", *Filozofia Nauki*, nr 2, s. 5-13.
1995 — „Natura czasoprzestrzeni a istnienie zbiorów", *Filozofia Nauki*, nr 1-2, s. 5-13.