Jan Czerniawski

Teoria wzgledności a upływ czasu

Filozofia Nauki 2/1, 95-100

1994

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

MUZEUM HISTORII POLSKI

Filozofia Nauki
Rok II, 1994, Nr 1(5)

Jan Czerniawski

Teoria względności a upływ czasu

Streszczenie

W artykule przedstawiona została propozycja formalizacji znanego dowodu Hilarego Putnama, że czas nie płynie, pozwalająca uniknąć zarzutów przedstawionych w stosunku do sformułowania oryginalnego. Wykazana została nieuniknioność konkluzji dowodu na gruncie standardowej interpretacji teorii względności i możliwość uniknięcia jej na gruncie interpretacji Lorentza.

Wstęp

Współcześni zwolennicy subiektywistycznej koncepcji upływu czasu (por. Kroes [1984]) wyrażają pogląd, że w świecie, w którym obowiązuje teoria względności, czas nie płynie. Przy założeniu więc, że teoria ta obowiązuje w świecie realnym, upływ czasu jest subiektywną fikcją. Najsilniejszą, jak dotąd, argumentację na rzecz tej tezy przedstawił Putnam ([1967]). Dość swobodny język artykułu Putnama sprawia jednak, że przy nieuważnej lekturze wartość jego argumentacji może nie zostać doceniona (zob. np. Čapek [1976]). Ocenę jej walorów może znacznie ułatwić formalizacja; rygory formalizacji zmuszają też do wyraźnego sformułowania wszystkich założeń, co umożliwia ich wyczerpującą analizę. Zawsze można, rzecz jasna, zakwestionować adekwatność formalizacji; nawet wówczas jednak uzyskane sformalizowane rozumowanie może samo w sobie posiadać pewną wartość.

Dowód

Spróbujmy zatem zrekonstruować rozumowanie Putnama. Pierwszy jego etap polegał na sprecyzowaniu, co właściwie zwykły «człowiek z ulicy» ma na myśli, gdy twierdzi, że czas «płynie». Putnam odwołał się do pojęcia „realności". Przez „realność" rozumie się zwykle pewien specyficzny sposób istnienia, którym to, co rzeczywiste (realne, aktualne) różni się od tego, co tylko możliwe, pomyślane itp. Można ją więc potraktować jako pewną własność, która, jako sposób istnienia, musi być absolutna, tj. nie zrelatywizowana do punktu widzenia, układu odniesienia itp. Otóż «człowiek z ulicy» przekonany jest, iż realne są nie wszystkie zdarzenia na raz, lecz sukcesywnie coraz to nowe zdarzenia stają się realne. Będzie więc skłonny założyć, że zawsze pewne zdarzenia są realne, inne zaś realne nie są. Wprowadzając dla wyrażenia „zdarzenie x jest realne" oznaczenie „$r(x)$", można założenie to sformalizować następująco:

$$\exists x\, r(x) \wedge \exists x\, \neg r(x),$$

bądź równoważnie:

(O) $$\neg(\exists x\, r(x) \Rightarrow \forall x\, r(x)).$$

Oczywiście formuła ta bynajmniej nie wyczerpuje treści poglądu «człowieka z ulicy»; stanowi jednak minimum tego, co musi on założyć.

Pojęcie „realności" powinno mieć jakiś związek z doświadczeniem. Jeśli założyć, że taki związek zachodzi, to powinno być możliwe skonstruowanie w układzie odniesienia pewnego obserwatora, któremu w czasoprzestrzeni odpowiada linia świata a, operacyjnie określonej relacji R_a takiej, że:

$$\forall x\, \forall y\, [R_a(y,x) \Rightarrow (r(y) \Leftrightarrow r(x))].$$

Ten sam operacyjny przepis, zastosowany w układach odniesienia różnych możliwych obserwatorów, określa trójczłonową (zob. Denbigh [1981]) relację R taką, że $R(x,y,a) \Leftrightarrow R_a(x,y)$. Powyższy warunek można więc przeformułować następująco:

(W) $$\forall x\, \forall y\, [R(y,x,a) \Rightarrow (r(y) \Leftrightarrow r(x))].$$

Jeśli teraz za Putnamem przyjąć, że 'nie ma uprzywilejowanych obserwatorów', to można go wzmocnić do:

(1) $$\forall \alpha\, \forall x\, \forall y\, [R(y,x,\alpha) \Rightarrow (r(y) \Leftrightarrow r(x))],$$

gdzie zmienna α przyjmuje wartości ze zbioru linii świata możliwych obserwatorów.

«Człowiek z ulicy» wierzy, że realne są zdarzenia «teraźniejsze», tj. równoczesne z jego realnymi (aktualnymi) zdarzeniami świadomościowymi. Najbardziej naturalne byłoby więc utożsamić relację R_a z określoną np. na podstawie standardowej procedury sygnałowej (Einstein [1958]) relacją równoczesności względnej w układzie odniesienia obserwatora a. Łatwo się przekonać (np. na podstawie diagramu Minkowskiego (Putnam [1967])), iż przy tym utożsamieniu relacja R spełniałaby warunek:

(2) $$\forall x\, \forall z\, \exists y\, [\exists \alpha\, R(y,x,\alpha) \wedge \exists \alpha\, R(z,y,\alpha)].$$

Prosty rachunek pozwala wykazać, że konsekwencją warunków (1) i (2) jest następujące twierdzenie:

(S) $$\exists x\, r(x) \Rightarrow \forall x\, r(x),$$

jawnie sprzeczne z formułą (O), wyrażającą pogląd «człowieka z ulicy» (opozycja (O) — (S) odpowiada opozycji między obiektywistyczną i subiektywistyczną koncepcją upływu czasu). Gdyby więc chciał on pogląd swój zachować, musiałby obalić to twierdzenie. Ponieważ rozwiązanie polegające na odrzuceniu logicznych reguł wynikania byłoby zbyt kosztowne, pozostaje mu zakwestionować założenia, tj. co najmniej jeden z warunków (1), (2).

Uogólnienie

Podważenie warunku (2) mogłoby polegać na innym wyborze relacji R. Relację nie spełniającą tego warunku można bez trudu znaleźć — jest nią np. relacja absolutnej wcześniejszości. Formułę (S) można jednak udowodnić (zob. Dodatek) również w wypadku, gdy warunek (2) zastąpić przez słabszy warunek:

(2') $\forall x\ \forall z\ \exists y\ [\exists \alpha\ (R(y,x,\alpha) \vee R(x,y,\alpha)) \wedge \exists \alpha\ (R(z,y,\alpha) \vee R(y,z,\alpha))]$

Oczywiście relację nie spełniającą (2') również można znaleźć. Co więcej, można wręcz twierdzić, że faktycznie nie może go spełnić żadna relacja zdefiniowana operacyjnie, jako określona tylko lokalnie. Aby praktycznie wykluczyć ten sposób zablokowania dowodu, spróbujmy drugie założenie istotnie osłabić. Zdefiniujmy:

$$\Omega = \{\exists x\ r(x) \Rightarrow \forall x\ r(x)\},$$

$$\Phi(R) = \{\forall \alpha\ \forall x\ \forall y\ [R(y,x,\alpha) \Rightarrow (r(y) \Leftrightarrow r(x))]\},$$

$$\Psi_0(R,n,x,z) = \{\exists y_1 \exists y_2 \ldots \exists y_n \prod_{i \in I_n} [\exists \alpha (R(y_{i+1},y_i,\alpha) \vee R(y_i,y_{i+1},\alpha))]\},$$

gdzie zakres zmiennej *R* obejmuje trójczłonowe relacje, zdefiniowane operacyjnie w sposób analogiczny jak wspomniana wyżej relacja R, $y_0 = x$, $y_{n+1} = z$, $I_n = \{0,1,2,\ldots,n\}$, a zmienna *n* przyjmuje wartości ze zbioru liczb naturalnych.

Łatwo zauważyć, że formuła $\Phi(R)$ odpowiada warunkowi (1), formuła $\forall x\ \forall z\ \Psi_0(R,1,x,z)$ — warunkowi (2'), zaś formuła Ω — konkluzji dowodu, tj. twierdzeniu (S). Analogicznie jak dla $n = 1$ (Dodatek), można wykazać, że dla dowolnej wartości *n* :

$$\Phi(R),\ \Psi_0(R,n,x,z) \vdash \Omega,$$

a zatem, na mocy twierdzenia o dedukcji:

$$\Phi(R) \vdash \Psi_0(R,n,x,z) \Rightarrow \Omega.$$

Stosując odpowiednią regułę kwantyfikatorową, otrzymamy:

$$\Phi(R) \vdash \exists n\ \Psi_0(R,n,x,z) \Rightarrow \Omega,$$

skąd już bez trudu uzyskamy:

$$\Phi(R),\ \Psi(R) \vdash \Omega,$$

gdzie $\Psi(R) = \{\forall x\ \forall z\ \exists n\ \Psi_0(R,n,x,z)\}$.

Warunek (2') można więc w dowodzie zastąpić znacznie słabszym warunkiem:

(2'') $\Psi(R)$.

Co więcej, powyżej faktycznie wykazaliśmy, iż:

$$\Phi(R) \wedge \Psi(R) \vdash \Omega,$$

przy czym analogiczny dowód można przeprowadzić, podstawiając w miejsce stałej R zmienną *R*. Przez analogiczne do powyższego zastosowanie twierdzenia o dedukcji i reguły kwantyfikatorowej pozwala to wykazać, że:

$$\exists R\ (\Phi(R) \wedge \Psi(R)) \vdash \Omega.$$

Aby więc uniknąć konkluzji dowodu, należałoby zanegować warunek:

(A) $\exists R\ (\Phi(R) \wedge \Psi(R))$,

zdecydowanie słabszy logicznie od koniunkcji warunków (1) i (2''). Byłoby to równoważne przyjęciu założenia, iż spełnienie przez pewną relację warunku zadanego formułą $\Phi(R)$ wyklucza spełnienie przez nią warunku zadanego formułą $\Psi(R)$ — i *vice versa*.

Komentarz

Znalezienie niebanalnej relacji z zakresu zmiennej R, nie spełniającej $\Psi(R)$, byłoby bardzo trudne, jeśli nie wręcz niemożliwe. Wydaje się, że wymaganie, by żadna relacja spełniająca $\Phi(R)$ nie spełniała $\Psi(R)$, w praktyce sprowadza się do nałożenia na r niezwykle trudnego do spełnienia warunku:

$$\forall x\, \forall y\, [(\mathrm{r}(x) \Leftrightarrow \mathrm{r}(y)) \Rightarrow (x = y)]\,.$$

Ten sposób uniknięcia paradoksalnej konkluzji dowodu nie rokuje więc większych nadziei.

Spróbujmy wobec tego zakwestionować spełnialność warunku zadanego formułą $\Phi(R)$, będącego, jak pamiętamy, odpowiednikiem założenia (1) z pierwszej wersji dowodu. Zwykle zakłada się, że obserwator fizyczny jest w stanie wprowadzić układ współrzędnych czasoprzestrzennych. Pozwala mu to podać przepis na skonstruowanie dowolnej relacji, którą potrafiłby w tych współrzędnych opisać. Praktycznie wyklucza to podważenie pierwszej z przesłanek warunku (1), tj. możliwości skonstruowania w pewnym układzie odniesienia relacji, w którą wchodziłyby tylko zdarzenia współrealne. Pozostaje więc tylko odrzucenie drugiej przesłanki ('nie ma uprzywilejowanych obserwatorów') i zakwestionowanie zakresu zmiennej α.

Jego ograniczenie sprowadzałoby się do wyróżnienia pewnej klasy obserwatorów. Do pewnej granicy zabieg taki nie napotyka żadnej trudności, gdyż teoria względności przewiduje wyróżnienie obserwatorów, których linie świata stanowią geodezyjne czasopodobne (Einstein [1958]); łatwo się jednak przekonać, że ograniczenie takie, przy analogicznym zawężeniu zakresu zmiennej α w $\Psi(R)$, nie blokuje jeszcze dowodu (S). Natomiast dalsze zawężanie zakresu tej zmiennej wydaje się wykluczać szczególna zasada względności, która wprawdzie nie daje podstaw dla tezy, iż 'nie ma uprzywilejowanych obserwatorów' (w świetle teorii względności obserwatorzy inercjalni są wyraźnie uprzywilejowani), bywa jednak nierzadko formułowana w postaci założenia, że 'nie ma uprzywilejowanych obserwatorów inercjalnych'.

Droga wyjścia

Wydaje się, że przy takim rozumieniu zasady względności, przyjmowanym w ramach standardowej interpretacji teorii względności (Minkowski [1909]), konkluzja dowodu Putnama jest nieunikniona. Ewidencja empiryczna jednak nie daje wystarczających podstaw dla tak silnego założenia, lecz jedynie dla słabszego założenia: 'nie ma obserwatorów inercjalnych uprzywilejowanych ze względu na postać praw przyrody w ich układach odniesienia'. To słabsze rozumienie zasady względności — akceptowalne również na gruncie interpretacji Lorentza (Lorentz [1931]) — nie wystarcza do uzasadnienia związania w formule $\Phi(R)$ zmiennej α kwantyfikatorem ogólnym o zakresie obejmującym linie świata wszystkich możliwych obserwatorów inercjalnych. Interpretacja Lorentza zakłada bowiem istnienie, oprócz czasów względnych w różnych układach odniesienia, ponadukładowego, globalnie określonego czasu absolutnego, związanego z pojęciem „upływu czasu" w ten sposób, że «rozwarstwia» on czasoprzestrzeń na trójwymiarowe, rozłączne hiperpowierzchnie zdarzeń absolutnie równoczesnych, stających się realnymi razem. Założenie to pozwala zinterpretować formułę $\Phi(R)$ jako nałożony na zmienną R warunek, by w oznaczoną nią relację dla wszystkich dopuszczalnych wartości zmiennej α wchodziły zawsze wyłącznie zdarzenia absolutnie równoczesne.

Oczywiście warunek taki wystarcza do zablokowania dowodu (S); byłby on jednak nierealizowalny, gdyby zakres zmiennej α obejmować miał linie świata wszystkich możliwych obserwatorów inercjalnych. Jego uboczną konsekwencją jest więc dalsze zawężenie zakresu zmiennej α, w najprostszym wypadku — do klasy obserwatorów lokalnie spoczywających względem eteru. Związany z silnym rozumieniem zasady względności zakaz takiego zawężania jest wobec tego równoznaczny z przyjęciem z góry założenia, że czas nie płynie. Oznacza to, że rozumowanie Putnama obarczone jest błędem *petitio principii*.

Dodatek

Szkic dowodu twierdzenia (S). Numery po prawej stronie formuły wskazują wcześniejsze kroki dowodu, stanowiące jej bezpośrednią podstawę:

1. $\forall\alpha\ \forall x\ \forall y\ [R(y,x,\alpha) \Rightarrow (r(y) \Leftrightarrow r(x))]$ (założenie)
2. $\forall x\ \forall z\ \exists y\ [\exists\alpha\ (R(y,x,\alpha) \vee R(x,y,\alpha)) \wedge \exists\alpha\ (R(z,y,\alpha) \vee R(y,z,\alpha))]$ (założenie)
3. $\exists y\ [\exists\alpha\ (R(y,x,\alpha) \vee R(x,y,\alpha)) \wedge \exists\alpha\ (R(z,y,\alpha) \vee R(y,z,\alpha))]$ (2)
4. $R(y,x,\alpha) \Rightarrow (r(y) \Leftrightarrow r(x))$ (1)
5. $R(x,y,\alpha) \Rightarrow (r(x) \Leftrightarrow r(y))$ (4)
6. $R(x,y,\alpha) \Rightarrow (r(y) \Leftrightarrow r(x))$ (5)
7. $R(y,x,\alpha) \vee R(x,y,\alpha) \Rightarrow (r(y) \Leftrightarrow r(x))$ (4), (6)
8. $\exists\alpha\ (R(y,x,\alpha) \vee R(x,y,\alpha)) \Rightarrow (r(y) \Leftrightarrow r(x))$ (7)
9. $\exists\alpha\ (R(y,x,\alpha) \vee R(x,y,\alpha)) \Rightarrow (r(x) \Rightarrow r(y))$ (8)
10. $\exists\alpha\ (R(z,y,\alpha) \vee R(y,z,\alpha)) \Rightarrow (r(y) \Rightarrow r(z))$ (9)
11. $[\exists\alpha\ (R(y,x,\alpha) \vee R(x,y,\alpha)) \wedge \exists\alpha\ (R(z,y,\alpha) \vee R(y,z,\alpha))] \Rightarrow$
    $[(r(x) \Rightarrow r(y)) \wedge (r(y) \Rightarrow r(z))]$ (9), (10)
12. $[\exists\alpha\ (R(y,x,\alpha) \vee R(x,y,\alpha)) \wedge \exists\alpha\ (R(z,y,\alpha) \vee R(y,z,\alpha))] \Rightarrow$
    $(r(x) \Rightarrow r(z))$ (11)
13. $\exists y\ [\exists\alpha\ (R(y,x,\alpha) \vee R(x,y,\alpha)) \wedge \exists\alpha\ (R(z,y,\alpha) \vee R(y,z,\alpha))] \Rightarrow$
    $(r(x) \Rightarrow r(z))$ (12)
14. $r(x) \Rightarrow r(z)$ (13), (3)
15. $\exists x\ r(x) \Rightarrow \forall z\ r(z)$ (14)

(S) $\exists x\ r(x) \Rightarrow \forall x\ r(x)$ (15)

Bibliografia

Čapek, M. (wyd.),
[1976]: *The Concepts of Space and Time*, Dordrecht, D. Reidel, s. LVII.
Denbigh, K.G.,
[1981]: *Three Concepts of Time*, Berlin, Springer.
Einstein, A.,
[1958]: *Istota teorii względności*, Warszawa, PWN.
Kroes, P.,
[1984]: „Objective versus Minddependent Theories of Time Flow", *Synthese* 61, s. 423.
Lorentz, H.A.,
[1931]: „The Principle of Relativity for Uniform Translations", rozdz. II. [w:] *Lectures on Theoretical Physics*, vol. 3, London, Macmillan.
Minkowski, H.,
[1909]: „Raum und Zeit", *Physikalische Zeitschrift* 10, s. 104.
Putnam, H.,
[1967]: „Time and Physical Geometry", *The Journal of Philosophy* 64, s. 240.