

Jan Czerniawski

Realność efektów relatywistycznych

Rozwiązanie problemu realności efektów relatywistycznych ma z jednej strony kluczowe znaczenie dla zrozumienia fizycznej treści szczególnej teorii względności; z drugiej strony zaś wokół tego problemu nawarstwia się wyjątkowo dużo nieporozumień. Można nawet zastanawiać się, czy nie jest to pseudoproblem wynikający z przyjęcia wadliwych konwencji definicyjnych. W fizyce nierelatywistycznej każdemu ciału przyporządkowana była np. masa jako jego cecha absolutna. W fizyce relatywistycznej zamiast niej pojawia się absolutna masa spoczynkowa i względna masa relatywistyczna, przy czym tylko ta druga zależy od prędkości ruchu ciała. O efekcie relatywistycznego przyrostu masy można więc w ogóle nie mówić, jeśli jako odpowiednik nierelatywistycznej masy potraktować masę spoczynkową.

Takie rozstrzygnięcie jednak komplikuje postać relatywistycznego sformułowania drugiej zasady dynamiki, definiującej masę. Występującego w tym sformułowaniu pędu nie można już definiować jako prędkości pomnożonej przez masę — chyba że jako relatywistyczny odpowiednik prędkości potraktować czteroprędkość. To zaś jest uzasadnione jedynie pod warunkiem, że za relatywistyczny odpowiednik czasu uzna się, jak to się niekiedy czyni [1], czas własny obiektu, gdyż składowe czteroprędkości definiuje się jako pochodne współrzędnych względem czasu własnego. To z kolei oznaczałoby zarazem eliminację dylatacji czasu, ponieważ czas własny jest wielkością absolutną. Prawomocność zabiegu eliminacji relatywistycznego przyrostu masy przez odpowiedni wybór konwencji definicyjnej sprowadza się więc do prawomocności analogicznego zabiegu w stosunku do dylatacji czasu.

Przeciwko realności zarówno dylatacji czasu, jak i skrócenia długości, wytacza się argument odwołujący się do ich uzależnienia od określenia równoczesności. Wynik porównania długości dwóch ciał sprowadza się do oceny odległości między równoczesnymi położeniami końców każdego z nich, zaś wynik porównania chodu dwóch zega-

rów — do zestawienia różnic ich równoczesnych wskazań. Skoro więc równoczesność ma charakter względny, czy wręcz konwencjonalny [2], to i oba rozważane tu efekty mają w najlepszym razie względny charakter.

Efektów tych nie można jednak całkowicie sprowadzić do względności (czy też konwencjonalności) równoczesności. Gdyby taka redukcja była możliwa, to można by było tak dobrać równoczesność, aby je wyeliminować w odniesieniu do wszystkich ciał, niezależnie od ich prędkości. Skoro więc nawet z ich uzależnieniem od równoczesności można wiązać element pozorności, nie wyklucza to, że te efekty zawierają jakiś składnik realny.

Za istnieniem takiego składnika w wypadku dylatacji czasu przemawia efekt znany jako paradoks bliźniąt (lub paradoks zegarów). Otóż spóźnianie się zegara, który odbył podróż do gwiazd i z powrotem, względem zegara ziemskiego można wyjaśnić zakładając [3], że zegary poruszające się podlegają realnej dylatacji czasu, tj. naprawdę idą wolniej niż identyczne zegary spoczywające. Inne znane wyjaśnienie tego efektu, odwołujące się do geometrii czasoprzestrzeni [4], nie musi być uważane za sprzeczne z tym pierwszym, zwłaszcza jeśli realności nie rozumieć tu w sensie absolutnym. Można wtedy założyć, że obserwowany przez danego obserwatora inercyjnego efekt dylatacji czasu jest w pełni realny z jego punktu widzenia, natomiast z punktu widzenia innego takiego obserwatora efekt ten na ogół zawiera składnik pozorny; w szczególności, z punktu widzenia obserwatora spoczywającego względem obserwowanego zegara, jest on czysto pozorny.

To, czy oprócz względnej realności dylatacji czasu można mówić o jej realności absolutnej, zależy od rozstrzygnięcia kwestii istnienia wyróżnionego układu odniesienia («eteru»). Jako absolutnie realny można by było potraktować efekt związany z ruchem względem wyróżnionego układu. Zakładanie jego istnienia nie jest jednak konieczne dla wyjaśnienia takich absolutnie realnych efektów, jak np. paradoks bliźniąt. Jak wiadomo, kombinacja wielkości względnych może dać w wyniku wielkość absolutną.

Analogicznie potraktować można skrócenie długości. W odniesieniu do tego efektu wysunięto pogląd [5], iż jest on realny, bo w zasadzie można go sfotografować. Pogląd ten obalono wykazując [6], że sfotografować można nie sam efekt skrócenia długości, lecz wynik nałożenia się nań dodatkowego efektu związanego ze skończonością prędkości światła jako nośnika informacji. Obalony pogląd można jednak sformułować tak, by zachował ważność. Otóż gdyby nie było (realnego) skrócenia długości, to widzialny efekt różniłby się od faktycznego czynnikiem skali w kierunku ruchu. Co więcej, poruszający się obserwator widziałby w odniesieniu do obiektów spoczywających inny efekt, niż obserwator spoczywający w odniesieniu do obiektów poruszających się (co oznaczałoby złamanie zasady względności). Skrócenie długości symetryzuje efekt wizualny ze względu na zmianę układu odniesienia. Podobnie, gdyby nie było (realnej) dylatacji czasu, to zamiast relatywistycznego efektu Dopplera obserwowalibyśmy efekt nierelatywistyczny.

Efekty relatywistyczne bywają określane jako „czysto kinematyczne”, tj. wynikające wyłącznie z perspektywy obserwacji, co miałyby czynić bezprzedmiotowym pytanie o ich wyjaśnienie dynamiczne. Takie ujęcie jednak wynika z pomieszania punktów widzenia. Np. o skróceniu długości — jako różnicy między faktyczną długością poruszającego się ciała a długością, którą miałyby ono, gdyby spoczywało — można sensownie mówić tylko z punktu widzenia obserwatora, względem którego ciało porusza się. Z tego punktu widzenia można też sensownie pytać o wyjaśnienie dynamiczne tego efektu [7]. Z punktu widzenia obserwatora spoczywającego względem ciała można mówić jedynie o pozorze skrócenia, któremu ulega obserwator poruszający się względem niego. Natomiast z ponadukładowego punktu widzenia można rozpatrywać tylko różnicę wymiarów dwóch różnych przekrojów tego samego obiektu czasoprzestrzennego, którą trudno by było nazwać „skróceniem”.

LITERATURA

- [1] H. Bondi, *Relativity and Common Sense*, Doubleday, Garden City 1964.
- [2] J.A. Winnie, *Phil. Sci.* **37**(1970), 81.
- [3] G. Builder, *Austr. J. Phys.* **10**(1957), 246.
- [4] M. von Laue, *Jhb. d. Philosophie* **1**(1913), 99.
- [5] H.A. Lorentz, „The principle of relativity for uniform translations”, [w:] *Lectures on Theoretical Physics*, t. 3, MacMillan, London 1931.
- [6] J. Terrell, *Phys. Rev.* **116**(1959), 1041.
- [7] J.S. Bell, „How to teach special relativity”, [w:] *Speakable and Unsayable in Quantum Mechanics*, Cambridge University Press, Cambridge 1987.