



Jak uniknąć paradoksu bliźniąt?

Jan Czerniawski

Instytut Filozofii UJ, Kraków

Od Redakcji:

Tym razem proponujemy Państwu spojrzenie filozofa na problem rozumienia paradoksu bliźniąt.

Paradoks bliźniąt stanowi chyba najbardziej kłopotliwy problem w dydaktyce Szczególnej Teorii Względności. Wskazuje na to choćby różnorodność podejść do jego rozwiązania. Z jednej strony, próbuje się czasem przedstawić go jako dowód sprzeczności tej teorii. Z drugiej zaś, kwestionowane bywa wręcz jego istnienie, co niektórzy autorzy zaznaczają, biorąc słowo „paradoks” w cudzysłów. Zastanówmy się, czy ta rozbieżność opinii w jakiejś części nie opiera się na nieporozumieniach.

Wyjaśnijmy na początek znaczenie słowa „paradoks”. Według definicji słownikowej [1], paradoks jest to „1. twierdzenie zaskakujące, sprzeczne z przyjętym powszechnie mniemaniem (...), 2. rozumowanie pozornie poprawne, lecz prowadzące do sprzecznych wniosków”. Paradoks w pierwszym znaczeniu można nazwać paradoksem w sensie psychologicznym, w drugim zaś – w sensie logicznym. W którym z tych dwóch znaczeń paradoksem jest paradoks bliźniąt?

Odpowiedź na to pozornie proste pytanie zależy od tego, co rozumiemy przez paradoks bliźniąt. Można np. rozumieć przezeń oparte na szczególnej teorii względności przewidywanie, że jeśli „jedno z dwojga bliźniąt żyjących na Ziemi (która w przybliżeniu jest układem inercyjnym) odbywa podróż do pobliskiej gwiazdy z prędkością bliską prędkości światła”, to „wróciwszy po kilkunastu latach do domu, okazuje się młodsze o kilka lat od swego bliźniaka” [2]; por. też [3]. Wtedy jednak mamy ewidentnie do czynienia z paradoksem tylko w sensie psychologicznym, który wcale nie wymaga rozwiązania, lecz jedynie wyjaśnienia. Częścią takiego wyjaśnienia może być odwołanie się do odpowiednich faktów z geometrii czasoprzestrzeni [2], które wobec tego w ogóle nie stanowi rozwiązania samego paradoksu, lecz co najwyżej pewnego związanego z nim problemu dydaktycznego.

Czy jednak w ten sposób rozwiązany został najpoważniejszy problem? Bynajmniej. Ktoś mógłby bowiem rozumować następująco: „dylatacja czasu jest zjawiskiem symetrycznym (...). Zatem bliźniak-astronauta winien okazać się młodszy od bliźniaka pozostającego na Ziemi, i na odwrót” [2]. Łatwo zauważyć, że tym razem mamy do czynienia z paradoksem w sensie logicznym, który wobec tego powinien zostać rozwiązany.

Aby jednak zrozumieć, co to znaczy, warto określić paradoks w tym sensie skonfrontować ze słownikową definicją antynomii [1], w zgodzie z którą antynomię rozumieć można jako poprawne rozumowanie prowadzące do sprzecznych wniosków. Różnica tkwi w zastrzeżeniu „pozornie poprawne”. Otóż zwolennicy tezy, że paradoks bliźniąt dowodzi sprzeczności teorii względności, faktycznie chcieliby widzieć w nim nie paradoks, lecz antynomię tej teorii. Jego rozwiązanie musi więc obejmować wskazanie błędu w tym pozornie poprawnym rozumowaniu.

Oczywiście pewien błąd nietrudno w nim wskazać. Wystarczy zauważyć, że „nie ma tu symetrii; (...) astronauta co najmniej trzykrotnie zmienia układ odniesienia, doznając przy tym przyspieszeń, jest więc wyróżniony wobec swego bliźniaka, który cały czas spoczywał w jednym układzie inercyjnym” [2]. Część rozumowania dowodząca, jakoby młodszy powinien okazać się domator, jest zatem niepoprawna. Wniosek ten można wzmocnić, „rozpatrując szczegółowo wymianę sygnałów elektromagnetycznych między bliźniętami”, trzeba jednak zgodzić się, iż „poza wykazaniem, że teoria nie jest tu sprzeczna, niewiele to wyjaśnia” [2]. Jeśli bowiem pamiętać, że „na upływ czasu własnego ma wpływ tylko prędkość ruchu” [2], a nie jego przyspieszenie, organizmy bliźniaków zaś w zasadzie potraktować można jako „zegary” mierzące czas własny, to fakt, iż po spotkaniu domator okaże się starszy, może zaskakiwać, skoro z punktu widzenia astronauty domator porusza się, więc skutek dylatacji czasu powinien starzeć się wolniej, a nie szybciej. Jak widać, kłopotliwy wniosek tym razem otrzymany został bez założenia symetrii między bliźniętami.

Czy zatem istnieje zadowalające rozwiązanie paradoksu bliźniąt? W zasadzie jest nim już wskazanie błędu w wyprowadzeniu jednego z wzajemnie sprzecznych przewidywań. Paradoks można jednak odtworzyć bez wskazanego błędnego założenia. Aby więc ostatecznie oddalić od teorii podejrzenie o sprzeczność, należy wyjaśnić, w jaki sposób domator, który z punktu widzenia astronauty w żadnym momencie nie starzeje się szybciej od niego, może po spotkaniu okazać się starszy.

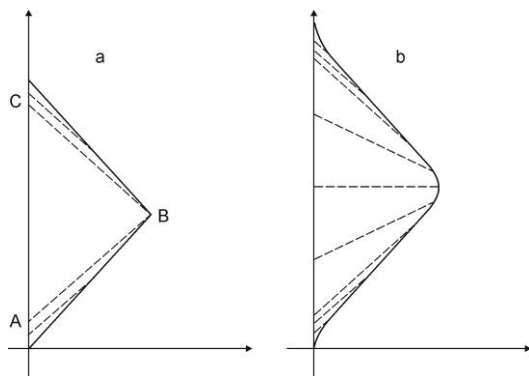
Na szczęście takie wyjaśnienie istnieje. Zauważa się, że wraz ze zmianą układu inercyjnego, w którym chwilowo spoczywa astronauta, zmienia się też relacja równoczesności, odpowiadająca jego punktowi widzenia. W szczególności dotyczy to okresu ruchu przyspieszonego, gdy zawraca. W rezultacie na odpowiadający ruchowi domatora względem astronauty efekt dylatacji czasu nakłada się kompensujący go z nawiązką efekt wynikający ze zmiany równoczesności, co sprawia, że okresowi temu odpowiada znacznie dłuższy okres z życia domatora. To właśnie przeoczenie tego dodatkowego efektu zaowocowało paradoksem.

Najlepiej widać to na diagramie Minkowskiego w wyidealizowanym przypadku odpowiadającym natychmiastowej zmianie zwrotu prędkości ([4], rys. 1.17a), gdy w momencie tej zmiany dochodzi do skokowej zmiany równoczesności w ukła-

dzie rakiety, w związku z czym pokażny fragment linii świata domatora „wypada z rachuby” astronauty. Chociaż więc z punktu widzenia astronauty w obu okresach względnego ruchu domator starzeje się wolniej, to po spotkaniu domator okazuje się starszy, gdyż okresy jego życia równoczesne z odpowiednimi okresami życia astronauty stanowią tylko część okresu, jaki dla niego upłynie do momentu spotkania. W szczególności, gdy prędkość rakiety wynosi 0,96 prędkości światła, a cała podróż z punktu widzenia astronauty trwa 14 lat [4], przy obliczaniu czasu, jaki upłynie dla domatora, powinien on uwzględnić nie tylko dwa 2-letnie okresy równoczesne dla niego z okresami oddalania się i podróży powrotnej, lecz również 46-letni okres, który „wypadł mu z rachuby” wskutek raptownej zmiany równoczesności w jego układzie odniesienia.

Oczywiście w bardziej realistycznym przypadku skończonego przyśpieszenia rakiety w fazie zawracania fragmenty linii świata astronauty odpowiadające okresom jego ruchu jednostajnego nie mogą stykać się w punkcie, lecz muszą być połączone gładką linią krzywą. Linia prosta reprezentująca na diagramie równoczesność z punktu widzenia astronauty „omiata” w tej fazie nieproporcjonalnie długi fragment linii świata domatora. Wyjaśnia to, dlaczego „duża różnica ich wieku powstała w bardzo krótkim okresie przyśpieszeń astronauty” [2].

Pragnę podkreślić, że dopiero powyższa analiza zachowania się równoczesności odpowiadającej punktowi widzenia astronauty stanowi w pełni zadowalające rozwiązanie paradoksu bliźniąt. Nietrywialny z dydaktycznego punktu widzenia jest bowiem paradoks bliźniąt jedynie o tyle, o ile jest paradoksem w sensie logicznym. Przejście do opisu rozważanej w nim sytuacji w języku geometrii Minkowskiego (por. [2]), w której paradoks w ogóle się nie pojawia, nie na wiele się zdaje, gdyż w ogóle nie wyjaśnia, na czym polega prowadzący do niego błąd.



Diagramy czasoprzestrzenne paradoksu bliźniąt: przypadek wyidealizowany (a) i realistyczny (b). Linie przerywane reprezentują równoczesność z punktu widzenia astronauty. Zdarzenia z odcinka AC linii świata domatora zachodzą dla niego w tym samym momencie

Należy zgodzić się, iż „błędem jest pogląd, że pełne rozwiązanie paradoksu wymaga użycia ogólnej teorii względności” [2]. Jego przyjęcie oznaczałoby bowiem faktyczne przyznanie, że paradoks ten stanowi antynomię teorii szczególnej, a niesprzeczna jest dopiero ogólna teoria względności, co byłoby dość dziwne zważywszy, że stanowi ona jej uogólnienie. Podobnie jednak błędem jest pogląd, iż „paradoksu nie można rozwiązać «na poziomie szkolnym», tzn. za pomocą algebry transformacji Lorentza” [2]. Po pierwsze bowiem, oznaczałoby to przyznanie, że szczególnej teorii względności nie sposób niesprzecznie wyrazić, w powyższym sensie, „na poziomie szkolnym”, na którym została ona przecież pierwotnie sformułowana przez jej autora. Po drugie, przytoczone powyżej rozwiązanie nie wykracza poza „poziom szkolny”, nawet jeśli odwołuje się do będącego obecnie w powszechnym użyciu dydaktycznym diagramu Minkowskiego, co zresztą nie wpływa na jego wynik, lecz tylko czyni je poglądowym.

Literatura:

- [1] *Słownik wyrazów obcych*, PWN, Warszawa 1980.
- [2] *Encyklopedia nauki i techniki*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2002, t. 2.
- [3] *Encyklopedia fizyki*, PWN, Warszawa 1973, t. 2, hasło „Paradoks zegarów”.
- [4] B.F. Schutz, *Wstęp do ogólnej teorii względności*, PWN, Warszawa 1995.