



Szybciej niż światło?

Niezależność prędkości światła od układu odniesienia, czyli jej niezmienniczość, jest fundamentem, na którym zbudowana jest teoria względności. Pojawia się naturalne pytanie, czy mogą istnieć obiekty – zwane tachionami – poruszające się szybciej niż światło? A zatem, czy prędkość światła jest tylko prędkością niezmienniczą, czy też i maksymalną?

Energia cząstki o masie m wzrasta z jej prędkością v zgodnie ze wzorem

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

gdzie c jest prędkością światła. Nie można więc przyspieszyć cząstki do prędkości większej niż c , gdyż wymagałoby to przejścia przez nieskończenie wysoką barierę energii przy $v = c$. Niektórzy wyciągają stąd wniosek, że tachiony istnieć nie mogą. Przypomina to jednak rozumowanie pewnego indyjskiego mędrca, który sądził, że nikt nie żyje na północ od Himalajów, gdyż człowiek nie zdoła przejść przez tak wielkie góry. Mędrzec nie zauważył, że ludy zamieszkujące Azję Środkową bynajmniej nie musiały przeprować się przez Himalaje. Podobnie jest z tachionami, które, jeśli istnieją, zawsze poruszają się prędzej niż światło. Ich energie i pędy określałyby zaś wzory:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{v^2/c^2 - 1}}, \quad p = \frac{mv}{\sqrt{v^2/c^2 - 1}}, \quad v > c.$$

Przeciw istnieniu tachionów wytoczono jednak bardzo poważny argument. Okazuje się, że tachion poruszający się do przodu w czasie w jednym układzie odniesienia, może poruszać się do tyłu w czasie w innym. Wyobraźmy sobie, że w układzie A emitowany jest tachion w chwili $t = 0$ z punktu $x = 0$. Tachion podróżuje z prędkością $v > c$ aż do momentu, kiedy jest absorbowany. Jego czterowektor położenia ma więc postać $(t, x) = (t, vt)$.

Popatrzmy na tachion z układu B , który porusza się względem A z prędkością $v_0 < c$. W chwili początkowej układy pokrywały się. Czasową składową czterowektora położenia tachionu mierzzonego w układzie B otrzymujemy dzięki transformacji Lorentza jako

$$t' = \gamma \left(t - \frac{v_0}{c^2} x \right) = \gamma \left(1 - \frac{v_0 v}{c^2} \right) t,$$

gdzie

$$\gamma \equiv \left(1 - \frac{v_0^2}{c^2} \right)^{-1/2}.$$

Widzimy, że jeśli $v_0 v > c^2$, to $t' < 0$, czyli w układzie B tachion porusza się do tyłu w czasie. To zaś może prowadzić do paradoksów przyczynowych.

Oto jeden z nich.

Zapalony konstruktor buduje karabin strzelający tachionami. Wystrzela pocisk, który lecąc w przeszłość dosięga i zabija jego dziadka, nim ten zdążył począć ojca konstruktora. Mordując dziadka konstruktor unicestwia ojca, więc i sam nie może istnieć. Kto zatem jest mordercą? Cały ten galimatias wynika z pogwałcenia fundamentalnej zasady przyczynowości, która orzeka, że przyczyna zawsze poprzedza skutek.

Znaleziono rozwiązanie takich paradoksów, opierające się na obserwacji, że tachion poruszający się do tyłu w czasie niesie ujemną energię. Dzieje się tak dlatego, że czterowektor położenia (t, x) transformuje się tak samo jak czterowektor pędu (E, p) . W związku z tym zaproponowano przyjęcie następującego postulatu, zwanego regułą reinterpretacji: tachion z ujemną energią, poruszający się do tyłu w czasie, jest antytachionem poruszającym się do przodu w czasie. Dzięki niej wszystkie obiekty poruszają się zawsze do przodu w czasie, co pozwala uniknąć paradoksów przyczynowych.

Cena za takie rozwiązanie jest jednak wysoka. Co jest przyczyną, a co skutkiem, można określić jedynie w danym układzie odniesienia. To, co nazywamy przyczyną w jednym układzie, może być skutkiem w innym. Emisja tachionu dla jednego obserwatora jest absorpcją antytachionu dla drugiego. Zasada przyczynowości traci więc swój absolutny charakter. Nie jest to jednak nieszczęście. Wszak teoria względności usunęła z fizyki absolutny czas i absolutną przestrzeń, więc i relatywizacja pojęć przyczyny i skutku wydaje się być w duchu teorii względności.

Niestety, w związku z postulatem reinterpretacji pojawia się poważny problem, tzw. paradoks wolnej woli. Przyjmijmy, że obserwator A , poruszający się względem obserwatora B , wysła tachion do B . Jak już widzieliśmy, można tak dobrać prędkości tachionu ($v > c$) i względną obserwatorów ($v_0 < c$), że obserwator B będzie sądził, że to on wysłał antytachion do A , nie zaś, że otrzymał tachion od B . A zatem, obserwator B ma ograniczoną wolę – wysłał antytachion do A tylko dlatego, że A przesłał do niego tachion.

Trudno taką sytuację pogodzić ze zdrowym rozsądkiem. Tachionów jednak nie udało się dotychczas zarejestrować, więc tymczasem, nie ma się czym martwić.

Stanisław MRÓWCZYŃSKI