



Masa relatywistyczna i jej wrogowie

Jan Czerniawski

Konstanty Ildefons Gałczyński napisał kiedyś wiersz *Satyra na bożą krówkę*, który zaczyna się następująco:

Po cholerę toto żyje?
Trudno powiedzieć, czy ma szyję,
A bez szyi komu się przyda?

Warto zauważyć, że (1) tytułowej bożej krówce nie postawiono żadnego sprecyzowanego zarzutu, (2) a mimo to została kompletnie pognębiona.

Skojarzenie z tym zabawnym wierszykiem narzuciło mi się przy lekturze trzech artykułów poświęconych masie w *Fotonie* nr 122, datowanym na jesień 2013. Pierwszy autor zauważa, że w mechanice Newtona masa jest „zachowana i addytywna”, które to własności, według niego, Newton miał uważać za „atrybuty boskie i jako takie niepodlegające weryfikacji” [1]. Mniejsza o to, że przypisanie Newtonowi tak ekstrawaganckiego poglądu wydaje się wymagać przytoczenia jakiegoś cytatu. Ważniejsze jest, iż autor z braku tych własności czyni zarzut masie relatywistycznej, by następnie... prawie cały artykuł poświęcić wykazywaniu, że własności tych, w ścisłym sensie, nie ma również masa spoczynkowa, której jednak, nie wiedzieć czemu, zarzutu tego nie stawia!

Drugi autor jest dla masy relatywistycznej nieco bardziej łaskawy, dopuszczając użycie tego pojęcia w dydaktyce szkolnej, chociaż, według niego, „studentom fizyki nie jest już TAK (?) potrzebna” [2] (podkreślenie i pytajnik moje). Zauważa: „Uczniowie często zadają pytanie: dlaczego nie można osiągnąć prędkości światła? Jak wyjaśnić to inaczej niż wzrostem masy wraz z prędkością? Zjawiska obserwowane w akceleratorach też są W WARUNKACH SZKOLNYCH niemożliwe do objaśnienia bez tego pojęcia” (podkreślenie moje). Druga część tej wypowiedzi, która w zasadzie broni użycia pojęcia masy relatywistycznej, sugeruje jednak, że na wyższym poziomie istnieje jakieś bardziej adekwatne wyjaśnienie tych faktów. Wyznam, że chętnie bym takowe zobaczył. Oczywiście chodziłoby mi o rzetelne wyjaśnienie, a nie czysto formalny rachunek, przeprowadzony bez wnikania w konceptualną stronę zagadnienia.

Najsurowiej masę relatywistyczną ocenia trzeci autor. Wprowadzenie tego, jego zdaniem, niefortunnego pojęcia przypisuje Einsteinowi – jednak bez podania źródła. Przyznaje wprawdzie, że „Przy użyciu tego pojęcia można zapisać prosto pęd i energię w szczególnej teorii względności”, odwołując się do „zwykłego” wektora prędkości [3]. Zaraz jednak stwierdza, że pojęcie to praktycznie

wyszło już z użycia, gdyż nie ma własności transformacyjnych, nie spełniając tym samym wymogu, by wszelkie wzory zapisane być mogły w formie jawnie współzmienniczej, w związku z którym „zwykła prędkość” nie jest używana w fizyce relatywistycznej, zastąpiły ją składowe „czteroprędkości”, stanowiące pochodne składowych „czterowektora położenia” względem „czasu własnego”.

To prawda, że w wielu kontekstach teoretycznych opłaca się wprowadzić abstrakcyjny opis zjawisk, korzystając wyłącznie z wielkości tensorowych. W szczególności, takimi wielkościami są czterowektor prędkości, nazywany też „czteroprędkością”, jak również czas własny. W odróżnieniu jednak od „zwykłej” prędkości i czasu, nie mają one prostej interpretacji fizycznej w kategoriach pomiarów w pewnym układzie odniesienia. Na przykład czasu własnego poruszającego się ciała nie sposób zmierzyć w układzie, względem którego się porusza, lecz trzeba go OBLICZYĆ, odwołując się do „zwykłego” czasu i wartości „zwykłej” prędkości, która pojawia się przecież w czynniku Lorentza, wiążącym czas własny ze „zwykłym” czasem. Autor nie wspomina zresztą, że określenie składowych czteroprędkości jako pochodnych składowych „czterowektora położenia” nie stosuje się do cząstek poruszających się z prędkością światła, choć równocześnie czyni masie relatywistycznej zarzut z tego, że w odniesieniu do takich cząstek nie stosuje się zwykle wyrażenie w postaci iloczynu masy spoczynkowej i czynnika Lorentza.

Nie wydaje się więc wskazane postulować eliminację wielkości takich jak „zwykła” prędkość. Wręcz przeciwnie, zrozumienie fizycznego sensu abstrakcyjnego opisu za pomocą wielkości tensorowych wydaje się wymagać jego przekładu na „zwykły” opis za pomocą wielkości mających prostą interpretację fizyczną. Postulując eliminację tych ostatnich, konsekwentnie należałoby zresztą unikać odwoływania się do takich wielkości jak „czterowektor położenia”, który skądinąd nie zasługuje na swoje miano, gdyż np. względem translacji czasoprzestrzennych nie zachowuje się jak czterowektor.

Jak słusznie zauważa autor, jego rozumowanie „nie byłoby może wystarczającą przyczyną do porzucenia pojęcia „masy relatywistycznej” w fizyce szkolnej”. Stwierdza jednak, iż „sugestia, że dzięki „masie relatywistycznej” można używać wzorów z fizyki Newtona w Szczególnej Teorii Względności jest niebezpiecznym błędem dydaktycznym”. Można na to odpowiedzieć, że, być może, błędem jest nie tyle ich użycie w pewnych kontekstach, co raczej użycie ich bez odpowiednich zastrzeżeń i bez wskazania przykładów kontekstów, w których ich użycie jest zdecydowanie niewskazane.

Nie jest też jasne, dlaczego posługiwanie się tym pojęciem miałyby skłaniać do stosowania nierelatywistycznego związku między siłą a przyśpieszeniem, odwołującego się do pojęć „masy podłużnej” i „masy poprzecznej”, faktycznie dziś już nieużytecznych właśnie dlatego, że zostały przez nie zastąpione. Pewne zjawiska wskazują jednak, iż bezwładność ciała w ruchu rośnie wraz z jego prędkością. Z okoliczności tej zaś potraktowanie jako miary bezwładności za-

leżnej od prędkości masy relatywistycznej zdaje sprawę zdecydowanie lepiej niż takie potraktowanie niezmiennika, jakim jest przecież masa spoczynkowa [4]. Wprawdzie przytoczone relatywistyczne uogólnienie II zasady dynamiki wydaje się przeczyć tej zależności, jednak pozór ten znika, gdy uświadomić sobie, że występujące w nim wielkości, takie jak czteropęd, czas własny, czy czterowektor siły-mocy, nie mają prostego sensu fizycznego ich nierelatywistycznych odpowiedników.

Zachowanie pojęcia masy relatywistycznej jest zresztą spójne z zachowaniem „zwykłej” długości i „zwykłego” czasu, obok niezmienniczej długości spoczynkowej i czasu własnego. Potraktowanie tych niezmienniczych wielkości jako, odpowiednio, „prawdziwej” długości poruszającego się ciała i „prawdziwego” czasu trwania procesu przebiegającego w poruszającej się materii z punktu widzenia obserwatora w danym układzie odniesienia prowadzi do absurdów. Na przykład w sytuacji opisanej w paradoksie bliźniąt byłoby pełnym dziwactwem oczekiwać od bliźniaka-domatora, by jako czas trwania podróży jego brata kosmonauty potraktował czas zmierzony przez zegar na pokładzie rakiety, a nie przez jego własny zegar, który pozostał na Ziemi.

Bardziej naturalne jest więc za czas trwania procesu z punktu widzenia danego obserwatora uznać zawsze różnicę wskazań zegarów zsynchronizowanych w jego układzie odniesienia, odpowiadających zdarzeniom rozpoczynającym i kończącym proces, za długość (czy ogólniej: wymiar liniowy) – odległość między równoczesnymi położeniami końców ciała, zaś za masę – konsekwentnie masę relatywistyczną. Skoro jednak w zaawansowanej teorii wygodniej jest posługiwać się masą spoczynkową, w zasadzie można, jako prostszą, przyjąć umowę notacyjną, w ramach której prostym symbolem „ m ” oznaczona jest masa spoczynkowa, natomiast dla masy (relatywistycznej) wprowadza się bardziej skomplikowane oznaczenie „ m_r ”. Zdecydowanie niewskazane wydaje się tylko dorabianie do tego, w istocie, pragmatycznego rozstrzygnięcia bałamutnej ideologii.

Literatura

- [1] M. Zrałek, *Foton* 122, Jesień 2013, s. 4–10
- [2] L. Lehman, *Foton* 122, Jesień 2013, s. 11–13
- [3] K. Fiałkowski, *Foton* 122, Jesień 2013, s. 14–15
- [4] J. Czerniawski, *Fizyka w Szkole*, z. 3/1995, s. 145–147