

Lorentz a przekształcenia Lorentza

Zmiana koncepcji czasu i przestrzeni, wprowadzona przez teorię względności, wykuwała się przez dłuższy czas. Już w 1887 roku W. Voight w swojej pracy [1] (wciąż opartej na istnieniu eteru jako ośrodka rozchodzenia się światła) nadmienia, że z matematycznego punktu widzenia może być dogodne wprowadzenie czasu lokalnego t' do poruszającego się układu odniesienia. Czas ten miał być liniową funkcją zmiennych przestrzennych, ale skala „prawdziwego czasu” miała być niezmienniona. Tym sposobem postać równania falowego byłaby zachowana także w poruszającym się układzie odniesienia. Te uwagi przeszły w zasadzie bez większego echa, aż podobne transformacje zostały zaproponowane w 1892 r. niezależnie przez H.A. Lorentza i G.F. Fitzgerala jako wyjaśnienie ujemnego wyniku doświadczenia Michelsona–Morleya. Swoje twierdzenia motywowali oni zmianą oddziaływań międzycząsteczkowych wewnątrz poruszającego się ciała. Zakładając, że cząsteczki znajdują się w położeniu równowagi, a oddziaływania między nimi są tylko elektromagnetyczne, otrzymali oni, że w poruszającym się układzie odniesienia cząsteczki będą dalej w położeniach równowagi, jeśli długość poruszających się ciał zostanie skrócona o czynnik $\sqrt{1 - \beta^2}$ (gdzie β jest stosunkiem prędkości v ciała do prędkości c światła), a wymiary poprzeczne do kierunku ruchu nie ulegają zmianie. To skrócenie miało wyjaśniać negatywny wynik doświadczenia Michelsona–Morleya.

Wzory na przekształcenie długości, jak i czasu, znane obecnie jako przekształcenia Lorentza (nazwane tak przez Poincarégo), zostały po raz pierwszy podane przez Larmora [2]. H.A. Lorentz w swojej wcześniejszej pracy [3] rozpatrywał tylko przekształcenia zmiennych przestrzennych. Zmianę w skali czasu dodali: wspomniany J.J. Larmor i H.A. Lorentz w swojej późniejszej pracy [4], w której pokazał on, że równania Maxwella dla pola elektromagnetycznego w próżni są niezmiennicze względem takich transformacji. Lorentz jeszcze nie zakładał równoważności dwóch poruszających się układów, w jego ujęciu człony zawierające gęstość ładunku i prąd nie są takie same w układzie spoczynkowym i poruszającym się. Poincaré w 1905 roku [5] uzupełnił teorię Lorentza, dodając zasadę, że wszystkie prawa fizyki muszą być niezmiennicze względem transformacji Lorentza. Pełne wyprowadzenie przekształceń Lorentza opiera się na sformułowanej przez A. Einsteina w 1905 roku [6] teorii względności opartej na postulacie stałej we wszystkich układach odniesienia prędkości światła i niezmienniczości podstawowych praw fizyki we wszystkich układach inercjalnych. Jego praca pojawiła się prawie w tym samym czasie co artykuł Poincarégo i miała podobny tytuł, autor pisząc ją nie znał jeszcze wyników Lorentza z 1904 roku.

E. Cz.

Doświadczenie Michelsona–Morleya przeprowadzone w 1887 roku miało na celu bezpośrednie sprawdzenie wpływu ruchu orbitalnego Ziemi na prędkość światła – tzn. czy prędkość światła zależy od prędkości układu, w którym ją się mierzy, a pośrednio sprawdzenie istnienia eteru kosmicznego. Z wielu zjawisk (takich jak aberracja światła i doświadczenie Fizeau) wynikało, że eter jest nieruchomy i tylko częściowo porywają go ciała w ruchu. Z hipotezy nieruchomego eteru wynikało, że prędkość światła względem Ziemi powinna być równa $c+v$ lub $c-v$, zależnie od tego, czy światło biegnie w kierunku ruchu Ziemi czy w kierunku przeciwnym (v – prędkość ruchu orbitalnego Ziemi, c – prędkość światła w eterze). Celem doświadczenia było stwierdzenie tej różnicy prędkości. Gdyby światło biegło w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach z różnymi prędkościami, to obrót przyrządu o 90° powinien wywołać przesunięcie obrazu interferencyjnego. Takiego przesunięcia nie zaobserwowano.

W teorii względności przekształceniami Lorentza nazywa się związek między współrzędnymi przestrzennymi i czasem tego samego zdarzenia w dwóch inercjalnych układach odniesienia. Jeśli dwa takie układy $K(x, y, z, t)$ i $K'(x', y', z', t')$ pokrywają się w chwili $t = t' = 0$, a K' porusza się względem K z prędkością v w kierunku osi x , przekształcenie Lorentza jest wtedy postaci:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad y' = y,$$
$$z' = z, \quad t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \beta^2}},$$

$\beta = v/c$, c – prędkość światła w próżni (stała we wszystkich układach inercjalnych). Stąd wynika wzór na tzw. skrócenie Lorentza, tzn. związek między długością ciała l w układzie K a długością tego samego ciała l_0 w jego układzie spoczynkowym K' :
 $l = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}$.

- [1] W. Voight, „Über das Dopplersche Prinzip”, *Nachr. Ges. Wiss. Göttingen* (1887) 41.
- [2] J.J. Larmor, *Aether and Matter* (Cambridge 1900), 167–177.
- [3] H.A. Lorentz, „De relative beweging van de aarde en dem aether”, *Versl. gewone Vergad. Akad. Amsterdam*, **1** (1892) 74.
- [4] H.A. Lorentz, „Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity smaller than that of light”, *Proc. Acad. Sci. Amsterdam*, **6** (1904) 809 (*Versl. gewone Vergad. Akad. Amsterdam*, **12** (1904) 986).
- [5] H. Poincaré, „Sur la dynamique de l'électron”, *C.R. Acad. Sci. Paris*, **140** (1905) 1504.
- [6] A. Einstein, „Zur Elektrodynamik bewegter Körper”, *Ann. Phys. Leipzig*, **17** (1905) 891.

