

Uogólnienie transformacji Galileusza

Roman Szostek

*Politechnika Rzeszowska, Katedra Metod Ilościowych, Rzeszów, Polska
rszostek@prz.edu.pl*

Streszczenie:

W artykule wyprowadzona została uogólniona transformacja Galileusza. Uzyskana transformacja jest podstawą wyprowadzenia nowej teorii fizycznej, która została nazwana Szczególną Teorią Eteru.

Uogólnioną transformację Galileusza można wyrazić od prędkości względnych (26)-(27) lub od parametru $\delta(v)$ (37)-(38). Na podstawie wniosków wynikających z eksperymentu Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a wyznaczony został parametr $\delta(v)$. Dzięki temu transformacja przyjmuje szczególną postać (81)-(82), która jest zgodna z eksperymentami, w których mierzono prędkość światła.

Na podstawie otrzymanej transformacji wyznaczone zostały wzory na sumowanie prędkości oraz prędkość względną.

Cały artykuł zawiera tylko oryginalne badania prowadzone przez jego autora.

Słowa kluczowe: kinematyka ciał, uniwersalny układ odniesienia, transformacja czasu i położenia, prędkość światła w jedną stronę, sumowanie prędkości, prędkość względna

PACS: 02.90.+p , 03.30.+p

1. Wprowadzenie

W artykule zaprezentowano wyjaśnienie wyników eksperymentów Michelson'a-Morley'a [3] oraz Kennedy'ego-Thorndike'a [1], przy założeniu, że istnieje uniwersalny układ odniesienia (eter), w którym prędkość światła ma stałą wartość. W poruszających się w eterze inercjalnych układach odniesienia, prędkość światła może być inna.

W artykule wyprowadzona została transformacja pomiędzy układami inercjalnymi metodą analityczną. Wyprowadzona transformacja jest uogólnieniem transformacji Galileusza i sprowadza się do niej w szczególnym przypadku. W ten sposób wykazane zostało, że nieprawdą jest, że z eksperymentów Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a wynika, że nie istnieje uniwersalny układ odniesienia oraz, że prędkość światła w próżni jest stała.

Rozumowanie przedstawione w artykule opiera się na spostrzeżeniu, że nigdy nie zmierzono dokładnie prędkości światła w jedną stronę. We wszystkich dokładnych eksperymentach laboratoryjnych mierzono jedynie, podobnie jak w eksperymencie Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a, średnią prędkość światła przebywającego drogę po trajektorii zamkniętej, które powraca do punku wyjścia. Dlatego założenie o stałej prędkości światła w próżni

(prędkości chwilowej) przyjęte w Szczególnej Teorii Względności nie ma ścisłego uzasadnienia eksperymentalnego. W pracach [6]-[11] wykazaliśmy, że eksperymenty Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a można wyjaśnić przy pomocy teorii z uniwersalnym układem odniesienia. W pracy [12] pokazaliśmy, że takich teorii jest nieskończenie wiele. Czyli, nie jest prawdą, że te eksperymenty wykazały, że nie istnieje eter, w którym propaguje światło. Wyprowadzenie przedstawione w tym artykule oparte jest na tych ustaleniach, czyli założeniu, że dla każdego obserwatora stała jest średnia prędkość światła przebywającego drogę tam i z powrotem oraz dopuszczeniu, że istnieje uniwersalny układ odniesienia.

2. Przyjęte założenia

W przedstawionej analizie przyjmujemy następujące założenia:

- I. Istnieje układ odniesienia względem którego prędkość światła w próżni ma tę samą wartość w każdym kierunku. Ten uniwersalny układ odniesienia nazywamy eterem.
- II. Średnia prędkość światła na drodze tam i z powrotem jest dla każdego obserwatora niezależna od kierunku propagacji światła. Wynika to z eksperymentu Michelson'a-Morley'a.
- III. Średnia prędkość światła na drodze tam i z powrotem nie zależy od prędkości obserwatora względem uniwersalnego układu odniesienia. Wynika to z eksperymentu Kennedy'ego-Thorndike'a.
- IV. W kierunku prostopadłym do kierunku prędkości ciała, poruszającego się względem eteru, nie następuje jego skrócenie ani wydłużenie.
- V. Transformacja «układ inercjalny - układ inercjalny» jest liniowa.
- VI. Pomiędzy układami inercjalnymi istnieje symetria o następującej postaci (gdy układy inercjalne U_1 oraz U_2 poruszają się względem uniwersalnego układu odniesienia wzdłuż swoich osi x_1 oraz x_2 , które są do siebie równoległe)

$$\left. \frac{dx_1}{dt_2} \right|_{\frac{dx_2}{dt_2}=0} = - \left. \frac{dx_2}{dt_1} \right|_{\frac{dx_1}{dt_1}=0} \quad (1)$$

Założenie VI oznacza, że w transformacji współrzędnej położenia moduł współczynnika przy t jest taki sam w transformacji pierwotnej i transformacji odwrotnej (współczynnik e w transformacjach (15)).

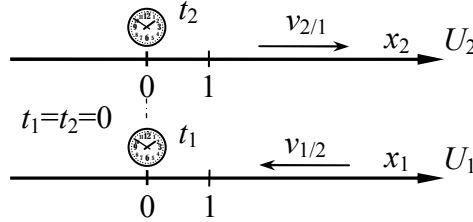
Przedstawione w tym artykule wyprowadzenie transformacji różni się od wyprowadzenia transformacji Lorentza, na której opiera się STW. W STW, przy wyprowadzeniu transformacji Lorentza zakłada się, że transformacja odwrotna ma taką samą postać jak transformacja pierwotna. Takie założenie wynika z przekonania, że wszystkie układy inercjalne są równoważne. W przedstawionym w tym artykule wyprowadzeniu nie zakładamy jaką postać ma cała transformacja odwrotna. Zakładamy jedynie jaką postać ma jeden współczynnik transformacji odwrotnej (założenie VI).

Przyjęte w tym artykule założenia na temat prędkości światła także są słabsze od tych przyjętych w STW. W STW zakłada się, że prędkość światła jest absolutnie stała, pomimo tego, że nie dowiódł tego żaden eksperyment. W tym artykule przyjęte zostało założenie wynikające z eksperymentów, czyli, że stała jest średnia prędkość światła na drodze do zwierciadła oraz z powrotem (założenie II oraz III). W przedstawionych rozważaniach prędkość światła jest z założenia stała jedynie w jednym wyróżnionym układzie odniesienia - eterze (założenie I). Założenia IV oraz V są identyczne jak te, na których opiera się STW.

W pracach [6]-[12] została wyprowadzona identyczna transformacja jak (83)-(84), ale w inny sposób, metodą geometryczną.

3. Wyprowadzenie transformacji pomiędzy układami inercjalnymi

Celem niniejszego punktu jest wyznaczenie transformacji położenia i czasu pomiędzy inercjalnymi układami U_1 oraz U_2 , rysunek 1. Układy poruszają się względem siebie równolegle do osi x . Układ U_1 porusza się względem układu U_2 z prędkością $v_{1/2}$. Układ U_2 porusza się względem układu U_1 z prędkością $v_{2/1}$ ($v_{1/2} \cdot v_{2/1} \leq 0$).



Rys. 1. Dwa układy inercjalne U_1 oraz U_2 poruszają się względem siebie z prędkościami względnymi $v_{1/2}$ oraz $v_{2/1}$.

Uogólnienie transformacji Galileusza polega na dopuszczeniu możliwości, że moduły wartości prędkości $v_{1/2}$ oraz $v_{2/1}$ mogą być różne.

W rozważanych układach inercjalnych zegary są zsynchronizowane. Na razie ustalamy tylko, że w chwili, gdy początki układów pokrywają się (współrzędna $x_1 = 0$ z układu U_1 znajduje się obok współrzędnej $x_2 = 0$ z układu U_2), wtedy zegary znajdujące się przy tych współrzędnych są zerowane. Dzięki takiemu ustaleniu w transformacjach (2) oraz (3) nie występują wyrazy wolne.

Przyjęcie założenia V gwarantuje, że I zasada Dynamiki Newtona obowiązuje w każdym inercjalnym układzie odniesienia, czyli jeśli jakieś ciało porusza się ruchem jednostajnym w jednym inercjalnym układzie odniesienia, to jego ruch obserwowany z innego inercjalnego układu odniesienia także będzie jednostajny. Czyli transformacja czasu i współrzędnych położenia pomiędzy układami inercjalnymi U_1 oraz U_2 ma postać

$$\begin{aligned} t_1 &= a \cdot t_2 + b' \cdot x_2 \\ x_1 &= e' \cdot t_2 + g \cdot x_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Współczynnik $a > 0$, gdyż w żadnym z układów czas nie może upływać wstecz.

Zapiszemy teraz transformację odwrotną. Jeśli w układzie U_2 czas biegnie szybciej, to w U_1 wolniej. Stąd w transformacji odwrotnej współczynnik a trzeba zastąpić przez $1/a$. Podobnie, jeśli w jednym układzie następuje skrócenie długości, to w drugim następuje jej wydłużenie. Stąd w transformacji odwrotnej współczynnik g trzeba zastąpić przez $1/g$. Ten sposób ustalenia wartości dwóch współczynników w transformacji odwrotnej na $1/a$ oraz $1/g$ nazywamy naturalnym sposobem ustalenia współczynników w transformacji odwrotnej.

Dla współczynnika b' nie ma żadnych założeń, dlatego w transformacji odwrotnej przyjęto dowolny współczynnik b'' .

Transformacja odwrotna ma postać

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{1}{a} t_1 - b'' \cdot x_1 \\ x_2 &= -e'' \cdot t_1 + \frac{1}{g} x_1 \end{aligned} \quad (3)$$

Jeśli prędkość układu U_2 względem U_1 jest dodatnia, to prędkość układu U_1 względem U_2 jest ujemna. Stąd współczynniki e' oraz $-e''$ są przeciwnych znaków. Założenie VI dotyczy wartości tych współczynników. Różniczki występujące w tym założeniu można obliczyć z (2) oraz (3). Mają one postać

$$dx_1 = e' \cdot dt_2 + g \cdot dx_2 \Rightarrow \frac{dx_1}{dt_2} = e' + g \frac{dx_2}{dt_2} \quad (4)$$

$$dx_2 = -e'' \cdot dt_1 + \frac{1}{g} dx_1 \Rightarrow \frac{dx_2}{dt_1} = -e'' + \frac{1}{g} \frac{dx_1}{dt_1} \quad (5)$$

czyli

$$\frac{dx_2}{dt_2} = 0 \Rightarrow e' = \frac{dx_1}{dt_2} \quad (6)$$

$$\frac{dx_1}{dt_1} = 0 \Rightarrow e'' = -\frac{dx_2}{dt_1} \quad (7)$$

Ze względu na założenie VI otrzymujemy, że

$$e' = e'' = e \quad (8)$$

Podstawiając t_2, x_2 z transformacji odwrotnej (3) do transformacji (2) otrzymamy

$$\begin{aligned} t_1 &= a\left(\frac{1}{a}t_1 - b''x_1\right) + b'(-et_1 + \frac{1}{g}x_1) = t_1(1 - b'e) + x_1\left(\frac{b'}{g} - ab''\right) \\ x_1 &= e\left(\frac{1}{a}t_1 - b''x_1\right) + g(-et_1 + \frac{1}{g}x_1) = t_1\left(\frac{e}{a} - eg\right) + x_1(1 - b''e) \end{aligned} \quad (9)$$

Ponieważ wzory (9) powinny być prawdziwe dla wszystkich t_1, x_1 , więc muszą być spełnione równania

$$1 - b'e = 1 \quad (10)$$

$$\frac{b'}{g} = ab'' \quad (11)$$

$$\frac{e}{a} = eg \quad (12)$$

$$1 - b''e = 1 \quad (13)$$

Ponieważ z założenia układy poruszają się względem siebie, dlatego $e \neq 0$. Na tej podstawie z (10) wynika, że $b' = 0$. Analogicznie z (13) wynika, że $b'' = 0$. Z (12) wynika

$$g = \frac{1}{a} \quad (14)$$

Szukane transformacje można zapisać w postaci

$$\begin{cases} t_1 = at_2 \\ x_1 = et_2 + \frac{1}{a}x_2 \end{cases} \quad \begin{cases} t_2 = \frac{1}{a}t_1 \\ x_2 = -et_1 + ax_1 \end{cases} \quad (15)$$

Wyznamy różniczki z tych transformacji

$$\begin{cases} dt_1 = a \cdot dt_2 \\ dx_1 = e \cdot dt_2 + \frac{1}{a} dx_2 \end{cases} \quad \begin{cases} dt_2 = \frac{1}{a} dt_1 \\ dx_2 = -e \cdot dt_1 + a \cdot dx_1 \end{cases} \quad (16)$$

Na podstawie tych różniczek można wyznaczyć prędkości względne układów U_1 oraz U_2 . Jeżeli rozważymy dowolny punkt o stałym położeniu w układzie U_2 , wtedy z pierwszej transformacji (16) otrzymujemy prędkość $v_{2/1}$ układu U_2 względem układu U_1

$$\frac{dx_2}{dt_2} = 0 \Rightarrow v_{2/1} = \frac{dx_1}{dt_1} = \frac{e \cdot dt_2 + \frac{1}{a} dx_2}{a \cdot dt_2} = \frac{e}{a} + \frac{1}{a^2} \frac{dx_2}{dt_2} = \frac{e}{a} \quad (17)$$

Jeżeli rozważymy dowolny punkt o stałym położeniu w układzie U_1 , wtedy z drugiej transformacji (16) otrzymujemy prędkość $v_{1/2}$ układu U_1 względem układu U_2

$$\frac{dx_1}{dt_1} = 0 \Rightarrow v_{1/2} = \frac{dx_2}{dt_2} = \frac{-e \cdot dt_1 + a \cdot dx_1}{\frac{1}{a} dt_1} = -ea + a^2 \frac{dx_1}{dt_1} = -ea \quad (18)$$

Dzielimy stronami równanie (18) przez równanie (17) i otrzymamy

$$\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}} = -a^2 \quad (19)$$

Z zależności (19) oraz na podstawie (17) oraz (18) można wyznaczyć nieznane współczynniki

$$a = \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \quad (20)$$

$$e = -v_{1/2} / a = -v_{1/2} \sqrt{-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} \quad (21)$$

$$e = v_{2/1} \cdot a = v_{2/1} \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \quad (22)$$

Ponieważ prędkości $v_{1/2}$ oraz $v_{2/1}$ mają różne znaki, dlatego można wykazać, że zależności (21) oraz (22) są równoważne (poniżej w oznaczeniu ‘ $\pm$ ’, znak ‘+’ występuje wtedy, gdy $v_{1/2} < 0$, natomiast znak ‘-’ występuje wtedy, gdy $v_{1/2} > 0$)

$$\begin{aligned} e = -v_{1/2} \sqrt{-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} &= \pm \sqrt{v_{1/2}^2} \sqrt{-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} = \pm \sqrt{-v_{1/2}^2 \frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} = \\ &= \pm \sqrt{-v_{1/2} \cdot v_{2/1}} = \pm \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}} v_{2/1}^2} = \pm \sqrt{v_{2/1}^2} \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} = v_{2/1} \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} = e \end{aligned} \quad (23)$$

Jeżeli pomnożymy stronami (21) oraz (22) otrzymamy

$$e^2 = -v_{1/2} v_{2/1} \quad (24)$$

a stąd identycznie jak z (23) otrzymamy

$$e = +\sqrt{-v_{1/2} v_{2/1}} \quad \vee \quad e = -\sqrt{-v_{1/2} v_{2/1}} \quad (25)$$

Współczynnik e może mieć różny znak. Z (23) wynika, że współczynnik $e > 0$, gdy prędkość $v_{2/1} > 0$, natomiast $e < 0$, gdy prędkość $v_{2/1} < 0$.

Na podstawie (20), (21) oraz (22) transformacje (15) można wyrazić od prędkości względnych i zapisać w postaci

$$\begin{cases} t_1 = \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \cdot t_2 \\ x_1 = v_{2/1} \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \cdot t_2 + \sqrt{-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} \cdot x_2 \end{cases} \quad (26)$$

$$\begin{cases} t_2 = \sqrt{-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} \cdot t_1 \\ x_2 = v_{1/2} \sqrt{-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} \cdot t_1 + \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \cdot x_1 \end{cases} \quad (27)$$

Uzyskaliśmy transformacje całkowicie symetryczne. Wystarczy w transformacji (26) zamienić indeksy 1 na 2 oraz 2 na 1, aby otrzymać transformację (27). Jest tak pomimo tego, że pozornie w wyprowadzeniu transformacji (wzory (2) oraz (3)) wprowadzona została niesymetria.

Do otrzymania transformacji (26)-(27) wystarczyło założenie V oraz VI, a także naturalny sposób ustalenia wartości współczynników w transformacji odwrotnej.

Transformacja (26)-(27) jest uogólnioną transformacją Galileusza, wyrażoną od prędkości względnych. Jeżeli dla układów U_2 oraz U_1 zachodzi $v_{2/1} \approx -v_{1/2}$, wówczas transformacje te sprowadzają się do transformacji Galileusza.

Z transformacji czasu (26)-(27) wynika, że jeżeli w jakimś układzie inercjalnym zegar wskazuje czas $t_2 = 0$, to w każdym układzie inercjalnym zegar znajdujący się obok tego zegara także wskazuje czas $t_1 = 0$. Czyli zegary w układach inercjalnych są synchronizowane metodą zewnętrzną, zaproponowaną w artykule [2]. Wynika z tego, że ta metoda synchronizacji zegarów jest konsekwencją założeń, na podstawie których została wyprowadzona transformacja (26)-(27) (założenia V oraz VI) oraz naturalnego sposobu ustalania wartości współczynników w transformacji odwrotnej.

Synchronizacja zegarów metodą zewnętrzną polega na ustawieniu wskazań wszystkich zegarów na podstawie wskazań zegarów jednego, wyróżnionego układu inercjalnego (niech to będzie układ U_1). Zegary w układzie U_2 są zerowane w chwili, gdy początki układów U_1 oraz U_2 pokrywają się. Jeżeli zegar układu U_1 wskazuje czas $t_1 = 0$, wtedy znajdujący się obok niego zegar układu U_2 także jest zerowany, czyli $t_2 = 0$. Taki sposób synchronizacji zegarów pozwala na zsynchronizowanie zegarów we wszystkich układach inercjalnych jeżeli tylko istnieje możliwość zsynchronizowania zegarów w jakimś pierwszym układzie inercjalnym. Na tym etapie nie rozstrzygamy w jaki sposób zostały zsynchronizowane zegary w układzie U_1 . Problem synchronizacji zegarów w tym pierwszym układzie zostanie rozwiązany w rozdziale 5.

4. Wprowadzenie uniwersalnego układu odniesienia

Do transformacji (26) oraz (27) wprowadzimy uniwersalny układ odniesienia (eter). Przez v_1, v_2 zostały oznaczone prędkości układu U_1 oraz U_2 względem uniwersalnego układu odniesienia (prędkości bezwzględne). Skoro istnieje uniwersalny układ odniesienia, to każdy ruch w przestrzeni może być opisany przy pomocy prędkości bezwzględnych w stosunku do tego układu. Dlatego też prędkości względne $v_{1/2}$ oraz $v_{2/1}$ zależą jednoznacznie od prędkości bezwzględnych v_1, v_2 . Przyjmujemy, że funkcja $F(\cdot, \cdot)$ wiąże ze sobą względne prędkości układów oraz ich prędkości bezwzględne w następujący sposób

$$\begin{cases} v_{1/2} = -v_{2/1} F(v_1, v_2) \\ v_{2/1} = -v_{1/2} F(v_2, v_1) \end{cases} \quad (28)$$

Z równań (28), po pomnożeniu ich stronami wynika, że funkcja $F(\cdot, \cdot)$ ma własność

$$F(v_1, v_2) = \frac{1}{F(v_2, v_1)} \quad (29)$$

Rozwiązaniami trywialnymi tego równania funkcyjnego są

$$F(v_1, v_2) = 1 \quad (30)$$

oraz

$$F(v_1, v_2) = -1 \quad (31)$$

Pierwsze z tych rozwiązań daje transformację Galileusza. Drugie prowadzi do sprzeczności. Rozwiązaniem nietrywialnym tego równania funkcyjnego jest funkcja $F(\cdot, \cdot)$ o postaci

$$F(v_1, v_2) = \frac{G(v_1, v_2)}{G(v_2, v_1)} = \frac{1}{\frac{G(v_2, v_1)}{G(v_1, v_2)}} = \frac{1}{F(v_2, v_1)} \quad (32)$$

Zakładamy, że dla naszych potrzeb wystarczająca jest funkcja $F(\cdot, \cdot)$ o zmiennych rozdzielonych, wówczas można ją zapisać za pomocą ilorazu pewnych funkcji $M(\cdot)$ oraz $N(\cdot)$

$$F(v_1, v_2) = \frac{G'(v_1) \cdot G''(v_2)}{G'(v_2) \cdot G''(v_1)} = \frac{G'(v_1)/G''(v_1)}{G'(v_2)/G''(v_2)} = \frac{M(v_1)}{N(v_2)} = \frac{1}{\frac{M(v_2)}{N(v_1)}} = \frac{N(v_1)}{M(v_2)} \quad (33)$$

Z równania (33) wynika, że $M(v) = N(v)$. Można teraz zapisać

$$F(v_1, v_2) = \frac{M(v_1)}{M(v_2)} = \frac{\frac{M(v_1)}{M(0)}}{\frac{M(v_2)}{M(0)}} = \frac{\delta(v_1)}{\delta(v_2)} \quad (34)$$

Funkcja $\delta(v)$ jest na tym etapie nieznana. Na podstawie (34) wiadomo, że jest bezwymiarowa. Bez utraty ogólności można przyjąć, że jest funkcją dodatnią oraz w zerze przyjmuje wartość jeden, gdyż

$$\delta(0) = \frac{M(0)}{M(0)} = 1 \quad (35)$$

Na podstawie (28) oraz (34) otrzymamy

$$-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}} = \frac{\delta(v_2)}{\delta(v_1)} \quad (36)$$

Na tej podstawie transformację (26)-(27) można zapisać w postaci wyrażonej od parametru $\delta(v)$

$$\begin{cases} t_1 = \sqrt{\frac{\delta(v_1)}{\delta(v_2)}} \cdot t_2 \\ x_1 = v_{2/1} \sqrt{\frac{\delta(v_1)}{\delta(v_2)}} \cdot t_2 + \sqrt{\frac{\delta(v_2)}{\delta(v_1)}} \cdot x_2 \end{cases} \quad (37)$$

$$\begin{cases} t_2 = \sqrt{\frac{\delta(v_2)}{\delta(v_1)}} \cdot t_1 \\ x_2 = v_{1/2} \sqrt{\frac{\delta(v_2)}{\delta(v_1)}} \cdot t_1 + \sqrt{\frac{\delta(v_1)}{\delta(v_2)}} \cdot x_1 \end{cases} \quad (38)$$

Ta postać transformacji wymagała przyjęcie jednego dodatkowego założenia w stosunku do założeń, na których opierają się transformacje (26) oraz (27). Jest to założenie o istnieniu uniwersalnego układu odniesienia.

* * *

Jeżeli $v_1 = -v_2 = v$, wtedy dla obserwatora związanego z eterem pomiędzy układami U_1 oraz U_2 istnieje pełna symetria. Jeżeli przestrzeń ma być izotropowa, czyli wszystkie kierunki w eterze mają być równoważne, to musi zachodzić $v_{2/1} = -v_{1/2}$. Na podstawie (37) oraz (38) otrzymamy

$$x_1 = v_{2/1} \sqrt{\frac{\delta(v_1)}{\delta(v_2)}} \cdot \left(\sqrt{\frac{\delta(v_2)}{\delta(v_1)}} \cdot t_1 \right) + \sqrt{\frac{\delta(v_2)}{\delta(v_1)}} \cdot \left(-v_{2/1} \sqrt{\frac{\delta(v_2)}{\delta(v_1)}} \cdot t_1 + \sqrt{\frac{\delta(v_1)}{\delta(v_2)}} \cdot x_1 \right) \quad (39)$$

$$0 = v_{2/1} \cdot t_1 - v_{2/1} \frac{\delta(-v)}{\delta(v)} \cdot t_1 \quad (40)$$

Na tej podstawie otrzymamy kolejną, po (35), uniwersalną własność funkcji $\delta(v)$

$$\delta(v) = \delta(-v) \quad (41)$$

5. Wyznaczenie funkcji $\delta(v)$ na podstawie eksperymentu Michelson'a-Morley'a

W podrozdziale wyznaczono funkcję $\delta(v)$ zakładając, że spełnione są wyniki eksperymentów Michelson'a-Morley'a i Kennedy'ego-Thorndike'a. Z eksperymentów wynika, że mierzona średnia prędkość światła c_{sr} , na drodze tam i z powrotem, jest stała w każdym inercyjnym układzie odniesienia U' oraz jest taka sama w każdym kierunku (założenie II oraz III). Zakładamy, że w układzie U , to jest eterze, prędkość światła c jest stała w każdym kierunku (założenie I).

Z założenia II oraz III wynika, że średnia prędkość światła c_{sr} w inercyjnym układzie odniesienia jest taka sama jak prędkość światła c w eterze. Wystarczy zauważyć, że sygnał świetlny ma w układzie U' taką samą prędkość średnią c_{sr} także wtedy, gdy układ U' nie porusza się względem układu U (czyli $v = 0$). Ponieważ wtedy prędkość c_{sr} jest dokładnie tym samym co prędkość c , dlatego dla każdej prędkości v zachodzi $c_{sr} = c$.

Drogi przepływu światła zostały przedstawione na rysunku 2. Układ U spoczywa w eterze, natomiast układ U' porusza się względem eteru ze stałą prędkością v . Osie x oraz x' leżą na jednej prostej.

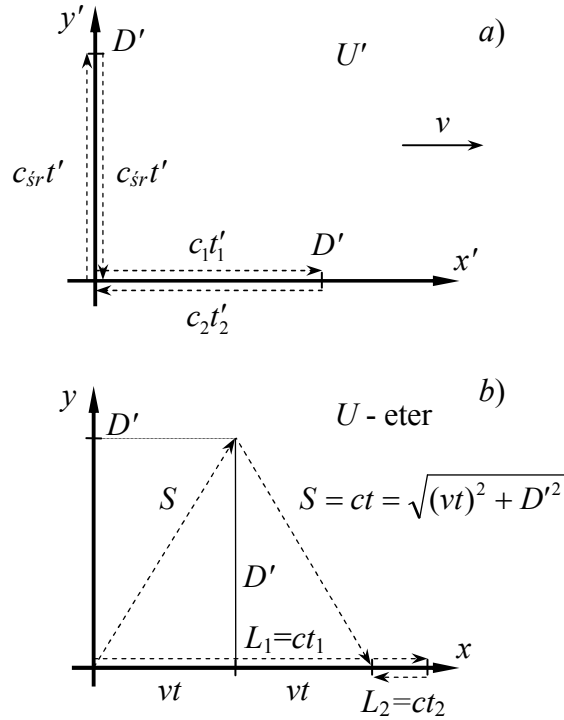
Odległość D' , która jest prostopadła do prędkości v , jest taka sama z punktu widzenia obydwu układów odniesienia (założenie IV). Dlatego na rysunku występuje ta sama długość D' w części a) oraz części b).

W układzie U' mierzona prędkość średnia jest stała w każdym kierunku, co można zapisać

$$c_{sr} = c = \frac{D'}{t'} = \frac{2D'}{2t'} = \frac{2D'}{t'_1 + t'_2} \quad (42)$$

Podobne zależności można zapisać dla układu U (eter)

$$c = \frac{2\sqrt{(vt)^2 + D'^2}}{2t} = \frac{L_1 + L_2}{t_1 + t_2} \quad (43)$$



Rys. 2. Drogi przepływu światła w dwóch układach poruszających się względem siebie:
a) układ inercjalny U' przepływ równoległy do osi x' oraz y' ,
b) przepływ światła widziany z układu U (eter).

Jeśli dla transformacji (37) przyjmie się następujące, nowe oznaczenia: $U_2 \equiv U'$ oraz $U_1 \equiv U$ (eter), wtedy zgodnie z (35)

$$\begin{aligned} v_1 &= 0 \\ v_{2/1} &= v_2 = v \\ \delta(v_1) &= \delta(0) = 1 \end{aligned} \quad (44)$$

Wówczas transformacja czasu (37) uzyska postać

$$t = \frac{1}{\sqrt{\delta(v)}} \cdot t' \quad (45)$$

Na podstawie równania (42) oraz równania (43) otrzymamy zależność

$$\frac{2D'}{2t'} = \frac{2\sqrt{(vt)^2 + D'^2}}{2t} \quad (46)$$

Po skróceniu przez 2 i zastosowaniu wyznaczonej transformacji czasu (45) otrzymamy

$$\frac{D'}{t'} = \frac{\sqrt{\left(v \frac{t'}{\sqrt{\delta(v)}}\right)^2 + D'^2}}{\frac{1}{\sqrt{\delta(v)}} \cdot t'} \quad (47)$$

czyli

$$D' \frac{1}{\sqrt{\delta(v)}} = \sqrt{\frac{v^2 t'^2}{\delta(v)} + D'^2} \quad (48)$$

$$D'^2 \frac{1}{\delta(v)} = \frac{v^2 t'^2}{\delta(v)} + D'^2 \quad (49)$$

$$D'^2 \left(\frac{1}{\delta(v)} - 1 \right) = \frac{v^2 t'^2}{\delta(v)} \quad (50)$$

$$\frac{1 - \delta(v)}{\delta(v)} = \frac{v^2}{\delta(v)} \left(\frac{t'}{D'} \right)^2 \quad (51)$$

$$1 - \delta(v) = v^2 \left(\frac{t'}{D'} \right)^2 \quad (52)$$

Na podstawie (42) otrzymamy

$$1 - \delta(v) = v^2 \left(\frac{1}{c} \right)^2 \quad (53)$$

Ostatecznie funkcja $\delta(v)$, dla której transformacja spełnia warunki eksperymentu Michelson'a-Morley'a przyjmuje postać

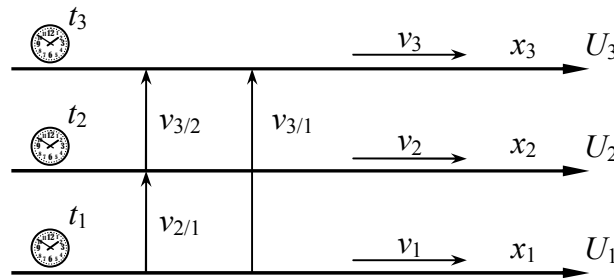
$$\delta(v) = 1 - (v/c)^2 = \frac{c^2 - v^2}{c^2} \quad (54)$$

Transformacje (37) oraz (38) z funkcją (54) wymagały dodatkowo założeń I, II, III oraz IV.

Dzięki wprowadzeniu do teorii uniwersalnego układu odniesienia, w którym jednokierunkowa prędkość światła jest stała, możliwe jest rozstrzygnięcie problemu synchronizacji zegarów, o którym była mowa wcześniej. W uniwersalnym układzie odniesienia można zsynchronizować zegary przy pomocy światła (metodą wewnętrzną). Będzie to układ, do którego będą synchronizowane zegary we wszystkich układach inercjalnych (metodą zewnętrzną).

6. Sumowanie prędkości oraz prędkość względna

Rozważamy sytuację przedstawioną na rysunku 3. Wszystkie rozważane prędkości są do siebie równoległe.



Rys. 3. Układy inercjalne U_1 , U_2 , U_3 poruszające się względem eteru z prędkościami v_1 , v_2 , v_3 .

Na podstawie (37) i (38) transformacje z układu U_2 do układu U_3 oraz z układu U_1 do układu U_2 będą miały postać

$$\begin{cases} t_3 = \sqrt{\frac{\delta(v_3)}{\delta(v_2)}} \cdot t_2 \\ x_3 = v_{2/3} \sqrt{\frac{\delta(v_3)}{\delta(v_2)}} \cdot t_2 + \sqrt{\frac{\delta(v_2)}{\delta(v_3)}} \cdot x_2 \end{cases} \quad \begin{cases} t_2 = \sqrt{\frac{\delta(v_2)}{\delta(v_1)}} \cdot t_1 \\ x_2 = v_{1/2} \sqrt{\frac{\delta(v_2)}{\delta(v_1)}} \cdot t_1 + \sqrt{\frac{\delta(v_1)}{\delta(v_2)}} \cdot x_1 \end{cases} \quad (55)$$

Składając te transformacje przez wstawienie t_2 , x_2 z drugiej do pierwszej, uzyskamy transformację z układu U_1 do układu U_3

$$\begin{cases} t_3 = \sqrt{\frac{\delta(v_3)}{\delta(v_2)}} \sqrt{\frac{\delta(v_2)}{\delta(v_1)}} \cdot t_1 \\ x_3 = v_{2/3} \sqrt{\frac{\delta(v_3)}{\delta(v_2)}} \sqrt{\frac{\delta(v_2)}{\delta(v_1)}} \cdot t_1 + \sqrt{\frac{\delta(v_2)}{\delta(v_3)}} \cdot \left[v_{1/2} \sqrt{\frac{\delta(v_2)}{\delta(v_1)}} \cdot t_1 + \sqrt{\frac{\delta(v_1)}{\delta(v_2)}} \cdot x_1 \right] \end{cases} \quad (56)$$

Po skróceniu otrzymamy

$$\begin{cases} t_3 = \sqrt{\frac{\delta(v_3)}{\delta(v_1)}} \cdot t_1 \\ x_3 = \left[v_{2/3} \sqrt{\frac{\delta(v_3)}{\delta(v_1)}} + v_{1/2} \frac{\delta(v_2)}{\sqrt{\delta(v_1)\delta(v_3)}} \right] \cdot t_1 + \sqrt{\frac{\delta(v_1)}{\delta(v_3)}} \cdot x_1 \end{cases} \quad (57)$$

Transformację z układu U_1 do układu U_3 można uzyskać także bezpośrednio z (38)

$$\begin{cases} t_3 = \sqrt{\frac{\delta(v_3)}{\delta(v_1)}} \cdot t_1 \\ x_3 = v_{1/3} \sqrt{\frac{\delta(v_3)}{\delta(v_1)}} \cdot t_1 + \sqrt{\frac{\delta(v_1)}{\delta(v_3)}} \cdot x_1 \end{cases} \quad (58)$$

Złożenie transformacji przedstawione w (57) musi mieć taką samą postać jak transformacja (58). Stąd otrzymamy

$$v_{1/3} \sqrt{\frac{\delta(v_3)}{\delta(v_1)}} = v_{2/3} \sqrt{\frac{\delta(v_3)}{\delta(v_1)}} + v_{1/2} \frac{\delta(v_2)}{\sqrt{\delta(v_1)\delta(v_3)}} \quad (59)$$

Po skróceniu, równanie przyjmuje postać

$$v_{1/3} \delta(v_3) = v_{2/3} \delta(v_3) + v_{1/2} \delta(v_2) \quad (60)$$

Na tej podstawie otrzymujemy wzór na sumowanie równoległych prędkości względnych

$$v_{1/3} = v_{1/2} \frac{\delta(v_2)}{\delta(v_3)} + v_{2/3} \quad (61)$$

Analogiczne równanie jak (60) można zapisać pomiędzy innymi układami zmieniając w (60) indeksy. Dla trzech układów istnieje sześć takich równań. Np. po zamianie indeksów $2 \rightarrow 1$ oraz $1 \rightarrow 2$ otrzymamy

$$v_{2/3} \delta(v_3) = v_{1/3} \delta(v_3) + v_{2/1} \delta(v_1) \quad (62)$$

Jeśli przyjmiemy, że układ U_3 jest eterem (uniwersalnym układem odniesienia), wtedy prędkość $v_3 = 0$. Na tej podstawie mamy $v_{2/3} = v_2$, $v_{1/3} = v_1$ oraz $\delta(v_3) = \delta(0) = 1$. Z równań (60) oraz (62) uzyskamy równania

$$\begin{aligned} v_1 &= v_2 + v_{1/2} \cdot \delta(v_2) \\ v_2 &= v_1 + v_{2/1} \cdot \delta(v_1) \end{aligned} \quad (63)$$

Po przekształceniu otrzymamy zależności

$$\begin{aligned} v_{2/1} &= (v_2 - v_1) / \delta(v_1) \\ v_{1/2} &= (v_1 - v_2) / \delta(v_2) \end{aligned} \quad (64)$$

Po uwzględnieniu (54), wzory (63) na sumowane prędkości równoległych przyjmują postać

$$\begin{aligned} v_1 &= v_2 + v_{1/2} \cdot (1 - (v_2/c)^2) \\ v_2 &= v_1 + v_{2/1} \cdot (1 - (v_1/c)^2) \end{aligned} \quad (65)$$

Natomiast po uwzględnieniu (54), wzory (64) na prędkości względne przyjmują postać

$$\begin{aligned} v_{2/1} &= \frac{v_2 - v_1}{1 - (v_1/c)^2} \\ v_{1/2} &= \frac{v_1 - v_2}{1 - (v_2/c)^2} \end{aligned} \quad (66)$$

* * *

W analogiczny sposób można złożyć transformacje pomiędzy układami, wyrażone przy pomocy prędkości względnych (26) i (27). Transformacje z układu U_2 do układu U_1 oraz z układu U_3 do układu U_2 mają postać

$$\begin{cases} t_1 = \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \cdot t_2 \\ x_1 = v_{2/1} \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \cdot t_2 + \sqrt{-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} \cdot x_2 \end{cases} \quad \begin{cases} t_2 = \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} \cdot t_3 \\ x_2 = v_{3/2} \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} \cdot t_3 + \sqrt{-\frac{v_{3/2}}{v_{2/3}}} \cdot x_3 \end{cases} \quad (67)$$

Składając te transformacje przez wstawienie t_2 , x_2 z drugiej do pierwszej, uzyskamy transformację z układu U_3 do układu U_1

$$\begin{cases} t_1 = \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \cdot \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} \cdot t_3 \\ x_1 = v_{2/1} \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \cdot \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} \cdot t_3 + \sqrt{-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} \cdot \left[v_{3/2} \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} \cdot t_3 + \sqrt{-\frac{v_{3/2}}{v_{2/3}}} \cdot x_3 \right] \end{cases} \quad (68)$$

Na tej podstawie otrzymamy

$$\begin{cases} t_1 = \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \cdot \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} \cdot t_3 \\ x_1 = \left[v_{3/2} \sqrt{-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} \cdot \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} + v_{2/1} \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \cdot \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} \right] t_3 + \sqrt{-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} \sqrt{-\frac{v_{3/2}}{v_{2/3}}} x_3 \end{cases} \quad (69)$$

Transformację z układu U_3 do układu U_1 można zapisać także bezpośrednio z (37)

$$\begin{cases} t_1 = \sqrt{-\frac{v_{1/3}}{v_{3/1}}} \cdot t_3 \\ x_1 = v_{3/1} \sqrt{-\frac{v_{1/3}}{v_{3/1}}} \cdot t_3 + \sqrt{-\frac{v_{3/1}}{v_{1/3}}} \cdot x_3 \end{cases} \quad (70)$$

Złożenie transformacji przedstawione w (69) musi mieć taką samą postać jak transformacja (70). Stąd otrzymamy

$$\sqrt{-\frac{v_{1/3}}{v_{3/1}}} = \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \cdot \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} \quad (71)$$

$$\sqrt{-\frac{v_{3/1}}{v_{1/3}}} = \sqrt{-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} \sqrt{-\frac{v_{3/2}}{v_{2/3}}} \quad (72)$$

$$v_{3/1} \sqrt{-\frac{v_{1/3}}{v_{3/1}}} = v_{3/2} \sqrt{-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} \cdot \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} + v_{2/1} \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \cdot \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} \quad (73)$$

Z zależności (71) oraz (72) po podniesieniu ich stronami do kwadratu otrzymuje się identyczne równanie

$$-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}} \frac{v_{2/3}}{v_{3/2}} \frac{v_{3/1}}{v_{1/3}} = 1 \quad (74)$$

Z zależności (73) po przekształceniu otrzymamy

$$v_{3/1} = v_{3/2} \sqrt{-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} \sqrt{-\frac{v_{3/1}}{v_{1/3}}} + v_{2/1} \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} \sqrt{-\frac{v_{3/1}}{v_{1/3}}} \quad (75)$$

Z równania (74) wiadomo, że czynnik przy $v_{2/1}$ jest równy 1, stąd

$$v_{3/1} = v_{3/2} \sqrt{-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}}} \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} \sqrt{-\frac{v_{3/1}}{v_{1/3}}} + v_{2/1} \quad (76)$$

czyli

$$v_{3/1} = v_{3/2} \sqrt{-\frac{v_{1/2}}{v_{2/1}}} \sqrt{-\frac{v_{2/3}}{v_{3/2}}} \sqrt{-\frac{v_{3/1}}{v_{1/3}}} \cdot \left(-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}} \right) + v_{2/1} \quad (77)$$

Wykorzystując (74) otrzymamy wzór na sumowanie prędkości względnych ($v_{1/2} \cdot v_{2/1} \leq 0$)

$$v_{3/1} = -v_{3/2} \frac{v_{2/1}}{v_{1/2}} + v_{2/1} \quad (78)$$

Biorąc za podstawę (36) oraz (54) otrzymamy

$$-\frac{v_{2/1}}{v_{1/2}} = \frac{\delta(v_2)}{\delta(v_1)} = \frac{1 - (v_2/c)^2}{1 - (v_1/c)^2} = \frac{c^2 - v_2^2}{c^2 - v_1^2} \quad (79)$$

Teraz wzór (78) na sumowanie prędkości względnych ma postać

$$v_{3/1} = v_{3/2} \frac{1 - (v_2/c)^2}{1 - (v_1/c)^2} + v_{2/1} = v_{3/2} \frac{c^2 - v_2^2}{c^2 - v_1^2} + v_{2/1} \quad (80)$$

7. Transformacja wyrażona od prędkość bezwzględnych

Na podstawie (54) oraz (66) transformację (37)-(38) można wyrazić od prędkość bezwzględnych v_1 oraz v_2 . Traci się wtedy ogólną postać (26)-(27) oraz (37)-(38), ale otrzymujemy specjalną jej postać, która jest zgodna z eksperymentami, w których mierzono prędkość światła.

$$\begin{cases} t_1 = \sqrt{\frac{1 - (v_1/c)^2}{1 - (v_2/c)^2}} \cdot t_2 \\ x_1 = \frac{v_2 - v_1}{\sqrt{1 - (v_1/c)^2} \sqrt{1 - (v_2/c)^2}} \cdot t_2 + \sqrt{\frac{1 - (v_2/c)^2}{1 - (v_1/c)^2}} \cdot x_2 \end{cases} \quad (81)$$

$$\begin{cases} t_2 = \sqrt{\frac{1 - (v_2/c)^2}{1 - (v_1/c)^2}} \cdot t_1 \\ x_2 = \frac{v_1 - v_2}{\sqrt{1 - (v_1/c)^2} \sqrt{1 - (v_2/c)^2}} \cdot t_1 + \sqrt{\frac{1 - (v_1/c)^2}{1 - (v_2/c)^2}} \cdot x_1 \end{cases} \quad (82)$$

8. Transformacja pomiędzy eterem oraz układem inercyjnym

Przyjmujemy oznaczenia: $U_2 \equiv U'$ oraz $U_1 \equiv U$ (eter). Wtedy zachodzą zależności (44). Przyjmiemy także oznaczenia: $x = x_1$, $t = t_1$, $x' = x_2$ oraz $t' = t_2$. Przy takich oznaczeniach, na podstawie (81) oraz (82), otrzymujemy transformacje z układu inercyjnego U' do eteru U oraz z eteru U do układu inercyjnego U' w postaci

$$\begin{cases} t = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \cdot t' \\ x = \frac{v}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \cdot t' + \sqrt{1 - (v/c)^2} \cdot x' \end{cases} \quad (83)$$

$$\begin{cases} t' = \sqrt{1 - (v/c)^2} \cdot t \\ x' = \frac{-v}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \cdot t + \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \cdot x \end{cases} \quad (84)$$

Transformacja ta jest identyczna jak transformacja wyprowadzona w pracach [6]-[12], w których wyprowadzono ją inną metodą na podstawie geometrycznej analizy eksperymentu Michelson'a-Morley'a i Kennedy'ego-Thorndike'a. W monografii [6] na podstawie tej transformacji wyprowadzona została nowa teoria kinematyki i dynamiki ciał nazwana Szczególną Teorią Eteru.

Transformacja (83)-(84) była także wyprowadzona, ale inną metodą, w artykułach [2] oraz [13]. W pracy [2] autor otrzymał tą transformację z transformacji Lorentza dzięki synchronizacji zegarów w inercjalnych układach metodą zewnętrzną. Transformacja uzyskana w pracy [2] jest inaczej zapisaną transformacją Lorentza po zmianie sposobu mierzenia czasu w inercjalnym

układzie odniesienia, dlatego autorzy przypisali jej własności transformacji Lorentza. Transformacja wyprowadzona w tym artykule ma inne fizyczne znaczenie niż transformacja Lorentza, ponieważ według przedstawionej tutaj teorii możliwe jest wyznaczenie prędkości względem uniwersalnego układu odniesienia przy pomocy lokalnego pomiaru. Czyli uniwersalny układ odniesienia jest realny, i nie jest dowolnie wybranym układem inercyjnym.

9. Prędkość światła w jednym kierunku

W pracach [6], [11] oraz [12] na podstawie transformacji (83)-(84) został wyprowadzony wzór na jednokierunkową prędkość światła w próżni, jaką mierzy obserwator z inercyjnego układu odniesienia

$$c'_{\alpha'} = \frac{c^2}{c + v \cos \alpha'} \quad (85)$$

W pracy [6] wyprowadzony został wzór na jednokierunkową prędkość światła w ośrodku materialnym s , jaką mierzy obserwator z inercyjnego układu odniesienia

$$c'_{s\alpha'} = \frac{c^2 c_s}{c^2 + c_s v \cos \alpha'} \quad (86)$$

W tych dwóch zależnościach kąt α' jest, mierzonym przez obserwatora, kątem pomiędzy wektorem jego prędkości względem eteru oraz wektorem prędkości światła. Prędkość c_s jest prędkością światła w ośrodku materialnym nieruchomym względem eteru widzianą przez nieruchomego względem eteru obserwatora.

Pomimo tego, że prędkość światła wyrażona wzorem (86) zależy od kąta α' oraz prędkości v , to średnia prędkość światła na drodze do zwierciadła i z powrotem zawsze jest stała. Wystarczy sprawdzić, że dla prędkości światła wyrażonej wzorem (86), średnia prędkość na drodze L do zwierciadła oraz z powrotem wynosi

$$c'_{sr} = \frac{2L}{t'_{s\alpha'} + t'_{s(\pi-\alpha')}} = \frac{2L}{\frac{L}{\frac{c^2 c_s}{c^2 + c_s v \cos \alpha'}} + \frac{L}{\frac{c^2 c_s}{c^2 + c_s v \cos(\pi - \alpha')}}} \quad (87)$$

$$c'_{sr} = \frac{2}{\frac{c^2 + c_s v \cos \alpha'}{c^2 c_s} + \frac{c^2 - c_s v \cos \alpha'}{c^2 c_s}} = \frac{2}{\frac{2c^2}{c^2 c_s}} = c_s \quad (88)$$

Z zależności (88) wynika, że c_s jest także prędkością średnią światła na drodze do zwierciadła oraz z powrotem w ośrodku materialnym nieruchomym względem obserwatora.

10. Podsumowanie

Wyznaczone transformacje (81)-(82) oraz (83)-(84) są zgodne z doświadczeniem Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a. Z powyższych transformacji wynika, iż pomiar prędkości światła w próżni, przy pomocy stosowanych dotychczas metod, zawsze będzie dawał średnią wartość równą c . Tak się dzieje pomimo tego, że dla ruchomego obserwatora prędkość światła ma różną wartość w różnych kierunkach. Średnia prędkość światła jest zawsze stała i niezależna od prędkości inercyjnego układu odniesienia. Z powodu tej własności prędkości światła eksperymenty Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a nie mogły wykryć eteru.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że jest możliwe wyjaśnienie wyników eksperymentu Michelson'a-Morley'a na bazie eteru. Nieprawdziwe jest twierdzenie, że eksperyment Michelson'a-Morley'a dowiódł, że prędkość światła jest bezwzględnie stała. Nieprawdziwe jest także twierdzenie, że eksperyment Michelson'a-Morley'a dowiódł, że nie ma eteru, w którym rozchodzi się światło i porusza ze stałą prędkością.

Dopuszczenie, że prędkość światła może zależeć od kierunku jego emisji nie wyróżnia żadnego kierunku w przestrzeni. Chodzi bowiem o prędkość światła jaką mierzy ruchomy obserwator. To prędkość z jaką obserwator porusza się względem uniwersalnego układu odniesienia (eteru) wyróżnia w przestrzeni charakterystyczny kierunek, ale tylko dla tego obserwatora. Dla obserwatora nieruchomego względem uniwersalnego układu odniesienia prędkość światła zawsze jest stała i nie zależy od kierunku jego emisji. Jeżeli obserwator porusza się względem uniwersalnego układu odniesienia, wtedy dla niego przestrzeń nie jest symetryczna. W jego przypadku będzie podobnie jak dla obserwatora płynącego po wodzie i mierzącego prędkość fali na wodzie. Pomimo tego, że fala rozchodzi się po wodzie ze stałą prędkością w każdym kierunku, dla płynącego obserwatora prędkość fali będzie różna w różnych kierunkach.

Obecnie uważa się, że STW jest jedyną teorią wyjaśniającą eksperymenty Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a. W tym artykule wykazane zostało, że możliwe są inne teorie zgodnie z tymi eksperymentami. W pracach [6] oraz [12] w oparciu o wyznaczoną tutaj transformację została wyprowadzona nowa teoria fizyczna kinematyki i dynamiki ciał, nazwana przez autorów Szczególną Teorią Eteru. W pracy [12] wykazane zostało, że istnieje nieskończenie wiele teorii z eterem, które prawidłowo tłumaczą eksperymenty Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a. Możliwa jest nawet teoria z eterem, w której czas jest absolutny.

W pracy [6] pokazane zostało, że w ramach każdej takiej kinematyki można wyprowadzić nieskończenie wiele dynamik. Aby wyprowadzić dynamikę, konieczne jest przyjęcie dodatkowego założenia, które pozwala wprowadzić do teorii pojęcia: masy, energii kinetycznej oraz pędu.

Przewidywania Szczególnej Teorii Eteru oraz Szczególnej Teorii Względności są bardzo podobne. Istnieją jednak różnice, które być może pozwolą na eksperymentalną falsyfikację tych teorii w przyszłości. W STW wszystkie układy inercjalne są równoważne, czyli nie istnieje uniwersalny układ odniesienia. Z tego powodu według STW nie jest możliwe zmierzenie prędkości bezwzględnej przy pomocy lokalnego pomiaru. Oznacza to, że dla każdego obserwatora przestrzeń jest całkowicie izotropowa (ma takie same własności w każdym kierunku). Natomiast według STE obserwator może przy pomocy lokalnego pomiaru (czyli, gdy jest całkowicie odizolowany od otoczenia) wyznaczyć kierunek swojego ruchu względem eteru. Oznacza to, że dla obserwatorów ruchomych względem eteru przestrzeń nie jest izotropowa (ma różne własności w różnych kierunkach). Potwierdzenie tego przy pomocy eksperymentu nie jest łatwe, ze względu na małą prędkość jaką posiada Układ Słoneczny względem eteru. Dla małej prędkości efekty nieizotropowości przestrzeni są bardzo nieznaczne. To jest najważniejsza różnica pomiędzy Szczególną Teorią Eteru oraz Szczególną Teorią Względności.

Na podstawie przedstawionej kinematyki można w naturalny sposób wytłumaczyć anizotropię mikrofalowego promieniowania tła, która jest szczegółowo omówiona w artykule [5]. Pozwala to wyznaczyć prędkość z jaką Układ Słoneczny porusza się względem uniwersalnego układu odniesienia, czyli $369,3 \text{ km/s} = 0,0012 c$. Zostało to pokazane w pracach [8], [9] oraz [12].

Eksperymenty Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a były wykonywane wielokrotnie przez różne zespoły. Wykonane zostały także zmodyfikowane i ulepszone wersje tego eksperymentu, jak eksperyment z kryształami szafiru z 2015 roku [4]. Każdy z tych eksperymentów potwierdził jedynie to, że stała jest średnia prędkość światła. Dlatego założenia, na których opiera się przedstawione wyprowadzenie są uzasadnione eksperymentalnie.

Bibliografia

- [1] Kennedy Roy J., Thorndike Edward M., *Experimental Establishment of the Relativity of Time*, „Physical Review”, 42 (3), 400-418, 1932.
- [2] Mansouri Reza, Sexl Roman U., *A Test Theory of Special Relativity: I. Simultaneity and Clock Synchronization*, General Relativity and Gravitation, Vol. 8, No. 7, 497-513, 1977.
- [3] Michelson Albert A., Morley Edward W., *On the relative motion of the earth and the luminiferous ether*, Am. J. Sci. 34, 333-345, 1887.
- [4] Nagel Moritz, Parker Stephen R., Kovalchuk Evgeny V., Stanwix Paul L., Hartnett John G., Ivanov Eugene N., Peters Achim, Tobar Michael E., *Direct terrestrial test of Lorentz symmetry in electrodynamics to 10^{-18}* , Nature Communications 6, Article number: 8174, 2015.
- [5] Smoot George F., *Anizotropie kosmicznego mikrofalowego promieniowania tła: ich odkrycie i wykorzystanie* (w języku polskim). Postępy Fizyki, Tom 59, Zeszyt 2, 52-79, 2008.
Smoot George F., *Nobel Lecture: Cosmic microwave background radiation anisotropies: Their discovery and utilization* (w języku angielskim). Reviews of Modern Physics, Volume 79, 1349-1379, 2007.
Смут Джордж Ф., *Анизотропия реликтового излучения: открытие и научное значение* (w języku rosyjskim), Успехи Физических Наук, Том 177, № 12, 1294-1317, 2007.
- [6] Szostek Karol, Szostek Roman, *Szczególna Teoria Eteru* (w języku polskim), Wydawnictwo Amelia, Rzeszów 2015, ISBN 978-83-63359-77-5 (www.ste.com.pl).
Szostek Karol, Szostek Roman, *Special Theory of Ether* (w języku angielskim), Publishing house AMELIA, Rzeszow 2015, ISBN 978-83-63359-81-2 (www.ste.com.pl).
- [7] Szostek Karol, Szostek Roman, *The Geometric Derivation of the Transformation of Time and Position Coordinates in STE* (w języku angielskim: *Geometryczne wyprowadzenie transformacji czasu i współrzędnych położenia w STE*), IOSR Journal of Applied Physics (IOSR-JAP), Volume 8, Issue 4, Version III, 22-30, 2016. ISSN 2278-4861.
- [8] Szostek Karol, Szostek Roman, *Выделенная в космологии система отсчета и возможная модификация преобразований Лоренца* (w języku rosyjskim: *Wyodróżniony w kosmologii układ odniesienia i możliwa modyfikacja transformacji Lorentza*), Ученые Записки Физического Факультета МГУ (Notatki Naukowe Uniwersytetu Moskiewskiego Państwowego Wydziału Fizyki), № 2, 2017, 172102, 1-8, ISSN 2307-9665.
- [9] Karol Szostek, Roman Szostek, *The Explanation of the Michelson-Morley Experiment Results by Means Universal Frame of Reference* (w języku angielskim: *Wyjaśnienie wyników eksperymentu Michelsona-Morleya przy pomocy uniwersalnego układu odniesienia*), Journal of Modern Physics, Vol. 8, No. 11, 2017, 1868-1883, ISSN 2153-1196.
- [10] Szostek Karol, Szostek Roman, *Wyjaśnienie wyników eksperymentu Michelsona-Morleya teorią z eterem*, Zeszyty Naukowe Uczelni Warszawskiej im. Marii Skłodowskiej-Curie, 3 (57), 2017, 87-106, ISSN 1897-2500.
- [11] Szostek Karol, Szostek Roman, *Derivation of Transformation and One-Way Speed of Light in Kinematics of Special Theory of Ether* (w języku angielskim: *Wyprowadzenie transformacji oraz jednokierunkowej prędkości światła w kinematyce Szczególnej Teorii Eteru*), American Journal of Modern Physics, Volume 6, Issue 6, 2017, 140-147, ISSN: 2326-8867.

- [12] Szostek Karol, Szostek Roman, *Wyprowadzenie ogólnej postaci kinematyki z uniwersalnym układem odniesienia* (w języku polskim), viXra 2017, www.vixra.org/abs/1704.0104.
Szostek Karol, Szostek Roman, *The Derivation of the General Form of Kinematics with the Universal Reference System* (w języku angielskim), viXra 2017, www.vixra.org/abs/1704.0105.
- [13] Tangherlini Frank R., *The Velocity of Light in Uniformly Moving Frame*, The Abraham Zelmanov Journal, Vol. 2, 2009, ISSN 1654-9163 (reprint: A Dissertation, Stanford University, 1958).

Generalization of Galilean Transformation

Roman Szostek

Rzeszów University of Technology, Department of Quantitative Methods, Rzeszów, Poland
rszostek@prz.edu.pl

Abstract:

In the article, a generalized Galilean transformation was derived. Obtained transformation is the basis for development of new physical theory, which was called the Special Theory of Ether.

The generalized Galilean transformation can be expressed by relative speeds (26)-(27) or by the parameter $\delta(v)$ (37)-(38). Based on conclusions of the Michelson-Morley's and Kennedy-Thorndike's experiments, the parameter $\delta(v)$ was determined. This allows the transformation to take a special form (81)-(82), which is consistent with experiments in which velocity of light is measured.

On the basis of obtained transformation, the formulas for summing speed and relative speed were also determined.

The entire article includes only original research conducted by its author.

Keywords: kinematics of bodies, universal frame of reference, transformation of time and position, one-way speed of light, adding speed, relative speed