

# Wyjaśnienie wyników eksperymentu Michelsona-Morleya przy pomocy teorii z eterem

Karol Szostek<sup>1</sup>, Roman Szostek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Politechnika Rzeszowska, Katedra Termodynamiki i Mechaniki Płynów, Rzeszów, Polska  
kszostek@prz.edu.pl

<sup>2</sup>Politechnika Rzeszowska, Katedra Metod Ilościowych, Rzeszów, Polska  
rszostek@prz.edu.pl

Powszechnie uważa się, że eksperymenty Michelson'a-Morley'a z 1887 roku [1] oraz eksperyment Kennedy'ego-Thorndike'a z 1932 roku [2] wykazały, że nie istnieje uniwersalny układ odniesienia (eter) oraz, że prędkość światła w próżni jest absolutnie stała. Analiza tych eksperymentów doprowadziła do powstania Szczególnej Teorii Względności (STW).

W artykule wyjaśniono dlaczego eksperyment Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a nie były w stanie wykryć uniwersalny układ odniesienia.

W tym artykule wyprowadzamy na podstawie geometrycznej analizy eksperymentów Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a inną transformację czasu i położenia niż transformacja Lorentza. Transformację wyprowadzamy przy założeniu, że istnieje uniwersalny układ odniesienia (eter). Eter jest układem odniesienia wyróżniającym się tym, że prędkość światła jest w nim stała w każdym kierunku. W inercjalnych układach odniesienia poruszających się względem eteru, prędkość światła może być inna.

W artykule wyprowadzony został także wzór na prędkość względną oraz wzory na maksymalną i minimalną prędkość światła jaką można zmierzyć w układzie inercjalnym.

**Słowa Kluczowe:** uniwersalny układ odniesienia, eter, transformacja czasu i położenia, prędkość światła w jednym kierunku

PACS: 02.90.+p , 03.30.+p

## 1. Wprowadzenie

W artykule zaprezentowano wyjaśnienie wyników eksperymentów Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a, przy założeniu, że istnieje inercjalny układ odniesienia (eter), w którym prędkość światła ma stałą wartość. W inercjalnych układach odniesienia poruszających się względem eteru, prędkość światła może być inna. W artykule wyprowadzone zostały transformacje z inercjalnego układu do eteru oraz z eteru do inercjalnego układu metodą geometryczną.

Nigdy nie zmierzono dokładnie prędkości światła w jedną stronę. We wszystkich dokładnych eksperymentach laboratoryjnych mierzono jedynie, podobnie jak w eksperymencie Michelson'a-Morley'a, średnią prędkość światła przebywającego drogę po trajektorii zamkniętej. W eksperymentach tych światło zawsze wraca do punktu wyjścia. Dlatego założenie o stałej prędkości światła (prędkości chwilowej) przyjęte w Szczególnej Teorii Względności nie ma

uzasadnienia eksperymentalnego. Wyprowadzenie przedstawione w tym artykule oparte jest na założeniu wynikającym z tych eksperymentów, czyli, że dla każdego obserwatora stała jest średnia prędkość światła przebywającego drogę tam i z powrotem.

Transformacja «eter - inercjalny układ» (26)-(27) wyprowadzona w tym artykule metodą geometryczną była już wyprowadzona inną metodą w artykule [3] oraz [4]. W tamtym przypadku autor otrzymał tę transformację dzięki synchronizacji zegarów w inercjalnych układach metodą zewnętrzną. W pracy [5] zostało wykazane, że chociaż transformacja z pracy [4] ma taką samą postać jak transformacja wyprowadzona w tym artykule, to ma inne znaczenie. Transformacja uzyskana w pracy [4] jest równoważna transformacji Lorentza. Jest tylko inaczej zapisaną transformacją Lorentza po zmianie sposobu mierzenia czasu w inercjalnym układzie odniesienia. Transformacja wyprowadzona w tym artykule ma inne znaczenie niż transformacja Lorentza, gdyż została wyprowadzona na podstawie innych założeń na temat własności światła.

## 2. Przyjęte założenia

W przedstawionej analizie eksperymentów Michelson'a-Morley'a i Kennedy'ego-Thorndike'a przyjmujemy następujące założenia:

- I. Istnieje uniwersalny układ odniesienia (eter) względem którego prędkość światła w próżni ma tę samą wartość w każdym kierunku.
- 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 eteru. Wynika to z eksperymentu Kennedy'ego-Thorndike'a.
- IV. W kierunku prostym do kierunku prędkości ciała, poruszającego się względem eteru, nie następuje jego skrócenie ani wydłużenie.
- V. Transformacja «eter - inercjalny układ» jest liniowa.

Przedstawione w tym artykule wyprowadzenie transformacji różni się od wyprowadzenia metodą geometryczną transformacji Lorentza, na której opiera się STW. W STW w wyprowadzeniu transformacji Lorentza zakłada się, że transformacja odwrotna ma taką samą postać jak transformacja pierwotna. Takie założenie wynika z przekonania, że wszystkie inercjalne układy są równoważne. W przedstawionym w tym artykule wyprowadzeniu nie zakładamy jaką postać ma transformacja odwrotna.

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 - w eterze (założenie I).

Założenia IV oraz V są identyczne jak te, na których opiera się STW.

W pracy [6] oraz [7] zostały wyprowadzone identyczne transformacje jak w tym artykule, ale przy przyjętym dodatkowym założeniu. W tamtym przypadku przeprowadzona została analiza przepływu tylko jednego strumienia światła.

## 3. Czas i droga przepływu światła w eterze

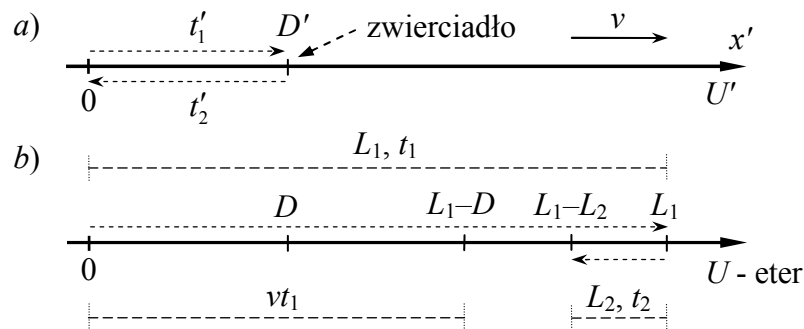
Rozpatrzmy układ inercjalny  $U'$ , który porusza się względem układu  $U$  związanego z eterem z prędkością  $v$  (rysunek 1). W układzie  $U'$  znajduje się zwierciadło w odległości  $D'$  od początku układu. Światło w układzie  $U$  przemieszcza się ze stałą prędkością  $c$ . Z układu  $U'$ , z punktu  $x'=0$  w czasie  $t=0$ , wysłano strumień światła w kierunku zwierciadła. Po dotarciu do zwierciadła, odbite światło porusza się w układzie  $U$  w przeciwnym kierunku z prędkością o ujemnej wartości  $-c$ .

Przyjmujemy następujące oznaczenia dla obserwatora z układu  $U$ :  $t_1$  jest czasem przepływu światła do zwierciadła,  $t_2$  jest czasem powrotu światła do punktu wyjścia.  $L_1$  oraz  $L_2$  są drogami jakie pokonało światło w układzie  $U$  w jednym i w drugim kierunku.

Gdy światło zmierza w kierunku zwierciadła, wtedy zwierciadło ucieka przed nim z prędkością  $v$ . Gdy światło wraca do punktu  $x'=0$  po odbiciu się od zwierciadła, wtedy ten punkt wybiega mu naprzeciw z prędkością  $v$ . Dla obserwatora z układu  $U$  odległość  $D'$  równoległa do wektora prędkości  $v$  jest widziana jako  $D$ . Otrzymujemy

$$L_1 = D + v \cdot t_1, \quad L_2 = D - v \cdot t_2 \quad (1)$$

$$t_1 = \frac{L_1}{c} = \frac{D + v \cdot t_1}{c}, \quad t_2 = \frac{L_2}{c} = \frac{D - v \cdot t_2}{c} \quad (2)$$



Rys. 1. Czas i droga przepływu światła do zwierciadła oraz z powrotem:  
a) droga światła widziana z układu inercyjnego  $U'$ ,  
b) droga światła widziana z UFR.

Zależności (2) należy rozwiązać ze względu na  $t_1$  oraz  $t_2$ . Otrzymujemy wówczas czas oraz drogę przepływu w eterze

$$t_1 = \frac{D}{c - v}, \quad t_2 = \frac{D}{c + v} \quad (3)$$

$$L_1 = c \cdot t_1, \quad L_2 = c \cdot t_2$$

#### 4. Geometryczne wyprowadzenie transformacji

Przeanalizowano wyniki eksperymentu ze światłem w sposób przedstawiony na rysunku 2. Układ inercjalny  $U'$  porusza się z prędkością  $v$  względem układu  $U$  związanego z eterem, równoległe do osi  $x$ . Osie  $x$  oraz  $x'$  leżą na jednej prostej.

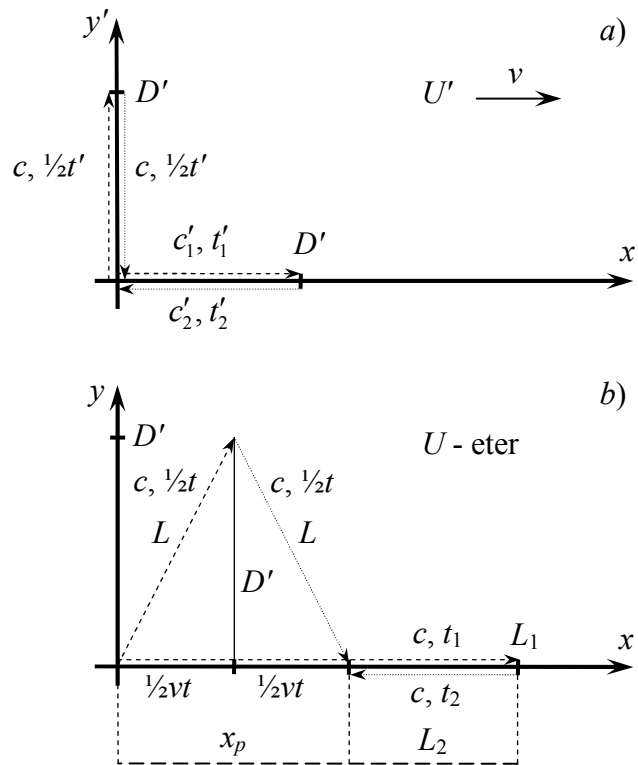
W chwili, gdy początki układów pokrywają się, synchronizowane są zegary w obu układach. Zegary w układzie  $U$  związanym z eterem są synchronizowane metodą wewnętrzną [4]. Zegary w układzie  $U'$  są synchronizowane metodą zewnętrzną w taki sposób, że jeżeli zegar układu  $U$  wskazuje czas  $t=0$ , wtedy znajdujący się obok niego zegar układu  $U'$  także jest zerowany, czyli  $t'=0$ .

W układzie  $U'$  przeprowadzono eksperyment pomiaru prędkości światła w próżni prostopadle oraz równoległe do kierunku ruchu układu  $U'$  względem eteru. W każdym z tych kierunków światło przebywa drogę do zwierciadła i z powrotem. Na rysunku 2 w części a) zaprezentowano drogi przepływu światła widziane przez obserwatora z układu  $U'$ , natomiast w części b) widziane przez obserwatora z układu  $U$ .

W układzie  $U$  światło ma zawsze stałą prędkość  $c$  (założenie I). Rozważania dotyczą przepływu światła w próżni.

Zgodnie z wnioskami wynikającymi z eksperymentu Michelson'a-Morley'a założono, że średnia prędkość światła  $c_p$  na drodze do zwierciadła i z powrotem w układzie  $U'$  jest taka sama

w każdym kierunku, w szczególności w kierunku równoległym do osi  $y'$  (założenie II). Założono także, że średnia prędkość światła  $c_p$  na drodze do zwierciadła i z powrotem nie zależy od prędkości obserwatora względem eteru (założenie III).



Rys. 2. Drogi dwóch strumieni światła:  
a) widziane przez obserwatora z układu  $U'$ ,  
b) widziane przez obserwatora z układu  $U$  (eter).

Z założeń II oraz III wynika, że średnia prędkość światła  $c_p$  w inercyjnym układzie odniesienia  $U'$  jest taka sama jak prędkość światła  $c$  w układzie  $U$ . Jeżeli dopuścimy, że średnia prędkość  $c_p$  światła w układzie  $U'$ , jest jakąś funkcją prędkości światła  $c$  w układzie  $U$  zależną od prędkości  $v$ , wówczas

$$c_p = f(v)c \quad (4)$$

Z założenia III wynika, że średnia prędkość  $c_p$  światła jest taka sama dla różnych prędkości Ziemi względem eter, dlatego  $f(v_1)=f(v_2)$ . Ponieważ  $f(0)=1$ , zatem  $f(v)=1$  dla każdej prędkości  $v$ . Wynika stąd, że  $c=c_p$ .

Zwierciadła są związane z układem  $U'$  i umieszczone w odległości  $D'$  od początku układu współrzędnych. Jedno zwierciadło znajduje się na osi  $x'$ , drugie na osi  $y'$ . Zakłada się, że odległość  $D'$  prostopadła do prędkości  $v$  jest taka sama dla obserwatorów z obu układów (założenie IV). Dlatego na rysunku 2 występuje ta sama długość  $D'$  w części a) oraz części b).

Czas przepływu światła w układzie  $U$ , wzdłuż osi  $x$ , do zwierciadła oznaczono przez  $t_1$ . Czas przepływu z powrotem oznaczono przez  $t_2$ .

Czas przepływu światła w układzie  $U'$ , wzdłuż osi  $x'$ , do zwierciadła oznaczono przez  $t'_1$ . Czas przepływu z powrotem oznaczono przez  $t'_2$ .

Łączny czas oznaczono odpowiednio jako  $t$  oraz  $t'$  ( $t = t_1 + t_2$  oraz  $t' = t'_1 + t'_2$ ).

Strumień światła, poruszający się równoległe do osi  $y'$ , z punktu widzenia układu  $U$  porusza się po ramionach trójkąta równoramiennego o długościach  $L$ . Ponieważ prędkość światła w układzie  $U$  jest stała, dlatego czas przepływu wzdłuż obu ramion jest taki sam i wynosi  $t/2$ .

W układzie  $U$ , strumień światła biegnący równoległe do osi  $x$  w kierunku zwierciadła pokonuje odległość  $L_1$  w czasie  $t_1$ . W drodze powrotnej pokonuje odległość  $L_2$  w czasie  $t_2$ .

Odległości te są różne ze względu na ruch względem eteru zwierciadła i punktu, z którego wysłano światła.

Obydwa strumienie światła wracają do punktu wyjścia w tym samym czasie, zarówno w układzie  $U$  oraz układzie  $U'$ . Wynika to z założenia II oraz z ustawienia zwierciadeł w tej samej odległości od punktu emisji światła.

Zarówno dla obserwatora z układu  $U'$  oraz obserwatora z układu  $U$  prędkość światła można zapisać

$$\frac{2D'}{t'_1 + t'_2} = \frac{2D'}{t'} = c = \frac{2L}{t} = \frac{L_1 + L_2}{t_1 + t_2} \quad (5)$$

Z równania (5) można wyznaczyć drogi  $L$  oraz  $D'$ , które zależą od prędkości światła  $c$  oraz czasów przepływu światła  $t, t'$  odpowiednio w układach  $U$  oraz  $U'$

$$L = \frac{ct}{2}; \quad D' = \frac{ct'}{2} \quad (6)$$

Prędkość układu  $U'$  względem absolutnego układu odniesienia  $U$  oznaczono przez  $v$ . Ponieważ  $x_p$  jest to droga, jaką układ  $U'$  przebędzie w czasie przepływu światła  $t$ , stąd

$$v = \frac{x_p}{t}; \quad x = vt \quad (7)$$

Korzystając z geometrii pokazanej na rysunku 2 drogę  $L$  można wyrazić jako

$$L = \sqrt{(x_p/2)^2 + D'^2} = \sqrt{(vt/2)^2 + D'^2} \quad (8)$$

Równanie (8) po podniesieniu do kwadratu i uwzględnieniu zależności (6) otrzyma postać

$$(ct/2)^2 = (vt/2)^2 + (ct'/2)^2 \quad (9)$$

Po uporządkowaniu otrzymamy

$$t^2(c^2 - v^2) = (ct')^2 \quad (10)$$

$$t = t' \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad \text{dla } x' = 0 \quad (11)$$

W powyższej zależności występują tylko czasy  $t$  oraz  $t'$ , które dotyczą pełnego przepływu światła do zwierciadła i z powrotem. Należy zwrócić uwagę na to, że są to czasy mierzone w punkcie  $x'=0$ . Ponieważ długość  $D'$  można dobrać tak, aby czas przepływu światła był dowolny, dlatego zależność (11) jest prawdziwa dla dowolnego czasu.

Długość  $D'$  związana z układem  $U'$  równoległa do osi  $x$  jest z punktu widzenia układu  $U$  (eteru) widziana jako  $D$ . Jeśli światło biegnie w kierunku zwierciadła, w absolutnym układzie odniesienia  $U$ , to goni zwierciadło, które jest od niego oddalone o  $D$ . Po odbiciu światło wraca do punktu wyjścia, który wybiega mu na przeciw. Korzystając z równań (3) otrzymujemy równania na drogi przepływu światła w układzie  $U$  w obu kierunkach wzdłuż osi  $x'$

$$L_1 = ct_1 = c \frac{D}{c - v}; \quad L_2 = ct_2 = c \frac{D}{c + v} \quad (12)$$

Z równań (12) można wyznaczyć sumę i różnicę dróg  $L_1$  oraz  $L_2$ , jakie światło przebyło w układzie  $U$

$$L_1 + L_2 = D \frac{c}{c-v} + D \frac{c}{c+v} = 2D \frac{1}{1-(v/c)^2}, \quad (13)$$

$$L_1 - L_2 = D \frac{c}{c-v} - D \frac{c}{c+v} = 2D \frac{v}{c} \cdot \frac{1}{1-(v/c)^2}$$

Z drugiego równania można wyznaczyć drogę, jaką układ  $U'$  pokonał w połowie czasu przepływu światła  $t/2$ , czyli

$$\frac{x_p}{2} = \frac{vt}{2} = \frac{L_1 - L_2}{2} = D \frac{v}{c} \cdot \frac{1}{1-(v/c)^2} \quad (14)$$

Ponieważ przyjęto, że w układzie  $U$ , prędkość światła  $c$  jest stała, dlatego obie drogi, jakie pokonuje światło  $2L$  oraz  $L_1 + L_2$  są takie same

$$2L = L_1 + L_2 \quad (15)$$

Po podstawieniu (8) oraz pierwszego równania (13) otrzymamy

$$2\sqrt{(vt/2)^2 + D^2} = 2D \frac{1}{1-(v/c)^2} \quad (16)$$

Po skróceniu przez 2 i podniesieniu do kwadratu oraz uwzględnieniu (14) otrzymamy

$$\left( D \frac{v}{c} \cdot \frac{1}{1-(v/c)^2} \right)^2 + D^2 = D^2 \left( \frac{1}{1-(v/c)^2} \right)^2 \quad (17)$$

Z równania (17) można wyznaczyć zależność na skrócenie długości

$$D'^2 = D^2 \left( \frac{1}{1-(v/c)^2} \right)^2 (1-(v/c)^2) \quad (18)$$

$$D' = D \left( \frac{1}{1-(v/c)^2} \right) \sqrt{1-(v/c)^2} = D \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$$

$$D = D' \sqrt{1-(v/c)^2} \quad (19)$$

W powyższej zależności występują długości  $D$  oraz  $D'$ , które są odległościami między zwierciadłami oraz punktem emisji światła. Ponieważ długość  $D'$  można dobrać dowolnie, dlatego zależność (19) jest prawdziwa dla dowolnej wartości  $D'$ .

Po wstawieniu (11) do (7) uzyskamy

$$x = vt' \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \quad \text{dla} \quad x' = 0 \quad (20)$$

Przyjmujemy, że transformacja z inercjalnego układu  $U'$  do układu  $U$  jest liniowa (założenie V). Jeśli do transformacji czasu i położenia (11), (20) dodać czynniki liniowe zależne od  $x'$ , wówczas uzyskamy transformację z niewiadomymi współczynnikami  $a$ ,  $b$

$$t = t' \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} + ax' \quad (21)$$

$$x = vt' \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} + bx'$$

Transformacja (21) powinna obowiązywać dla dowolnego czasu oraz położenia. W szczególnym przypadku obowiązuje w chwili synchronizacji zegarów czyli, gdy  $t=t'=0$  dla punktu o współrzędnych  $D'$  w układzie  $U'$ . W związku z tym wstawiamy do transformacji (21)  $t=t'=0$ ,  $x'=D'$  oraz  $x=D$ . W tym momencie została zastosowana synchronizacja zewnętrzna zegarów w układzie  $U'$  na podstawie zegarów w eterze. Po uwzględnieniu (19) otrzymujemy

$$\begin{aligned} 0 &= aD' \\ \sqrt{1-(v/c)^2} D' &= bD' \end{aligned} \quad (22)$$

Stąd otrzymamy współczynniki  $a$  oraz  $b$

$$\begin{aligned} a &= 0 \\ b &= \sqrt{1-(v/c)^2} \end{aligned} \quad (23)$$

Ostatecznie transformacja z dowolnego inercyjnego układu  $U'$  do układu  $U$  związanego z eterem, przyjmie postać

$$t = \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} t' \quad (24)$$

$$x = \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} vt' + \sqrt{1-(v/c)^2} \cdot x' \quad (25)$$

Po przekształceniu otrzymamy transformację odwrotną, czyli transformację z układu  $U$  związanego z eterem, do inercyjnego układu  $U'$

$$t' = \sqrt{1-(v/c)^2} \cdot t \quad (26)$$

$$x' = \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} (-vt + x) \quad (27)$$

## 5. Prędkości względne między układami

Układ inercyjny  $U'$  oznaczmy teraz jako  $U_1$ . Z tego inercyjnego układu obserwowany jest inny układ inercyjny  $U_2$ . Względem układu  $U$  (eteru) inercyjny układ  $U_1$  ma prędkość  $v_1$ , natomiast inercyjny układ  $U_2$  ma prędkość  $v_2$ . Wyznamy prędkość względną  $v_{2/1}$  układu  $U_2$  widzianą z układu  $U_1$ .

Niech  $dx$  będzie zmianą położenia układu  $U_2$  w czasie  $dt$  widzianą z układu  $U$ . Teraz można zapisać, że

$$v_2 = \frac{dx}{dt} \quad (28)$$

Niech  $dx_1$  będzie zmianą położenia układu  $U_2$  w czasie  $dt_1$  widzianą z układu  $U_1$ . Teraz można zapisać, że

$$v_{2/1} = \frac{dx_1}{dt_1} \quad (29)$$

Aby wyznaczyć prędkość względną układu  $U_2$  względem układu  $U_1$ , obliczymy różniczki z transformacji (26)-(27) ( $t_1=t'$ ,  $x_1=x'$ ,  $v_1=v$ )

$$\begin{cases} dt_1 = \sqrt{1-(v_1/c)^2} \cdot dt \\ dx_1 = \frac{1}{\sqrt{1-(v_1/c)^2}} (-v_1 dt + dx) \end{cases} \quad (30)$$

Powyższe różniczki wstawiamy do wzoru (29)

$$v_{2/1} = \frac{\frac{1}{\sqrt{1-(v_1/c)^2}} (-v_1 dt + dx)}{\sqrt{1-(v_1/c)^2} dt} \quad (31)$$

$$v_{2/1} = \frac{-v_1 + \frac{dx}{dt}}{1-(v_1/c)^2} \quad (32)$$

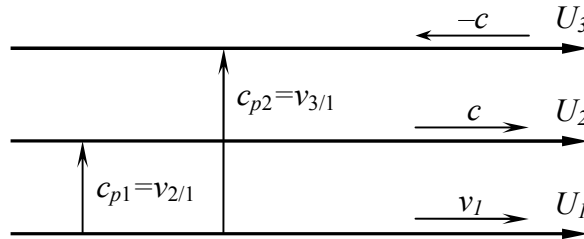
Po uwzględnieniu zależności (28) otrzymujemy szukany wzór na prędkość względną inercjalnego układu  $U_2$  względem inercjalnego układu  $U_1$

$$v_{2/1} = \frac{v_2 - v_1}{1-(v_1/c)^2} \quad (33)$$

## 6. Prędkość światła w inercjalnym układzie odniesienia

Wyznamy teraz prędkość światła w dowolnym inercjalnym układzie  $U_1$ .

Rozważmy trzy inercjalne układy odniesienia  $U_1$ ,  $U_2$  oraz  $U_3$  poruszające się w eterze równoległe do osi współrzędnych, rysunek 3.



Rys. 3. Prędkość światła w jednym kierunku.

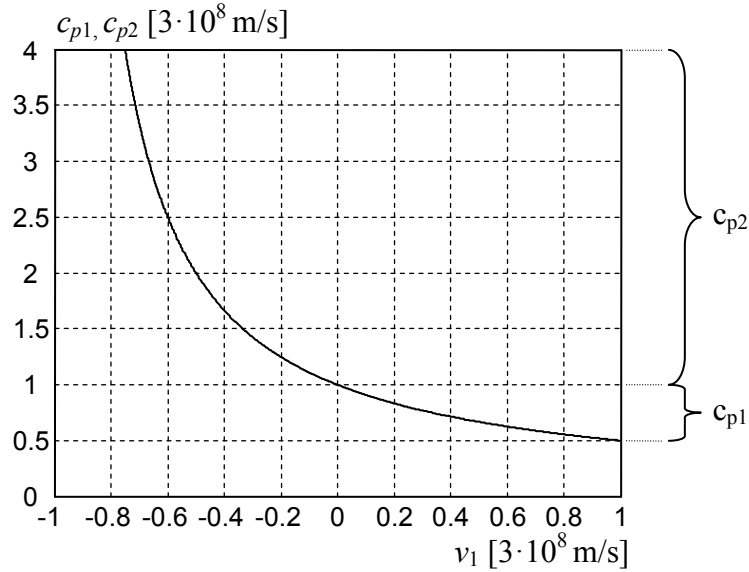
Układy  $U_2$  oraz  $U_3$  są związane ze światłem, ale poruszają się w przeciwnych kierunkach. Dlatego ich prędkości względem eteru wynoszą  $v_2=c$  oraz  $v_3=-c$ . Układ  $U_1$  porusza się względem eteru z prędkością  $v_1 \geq 0$ . Z zależności (33) można obliczyć prędkość światła w próżni mierzona w układzie  $U_1$

$$c_{p1} = v_{2/1} = \frac{c - v_1}{1-(v_1/c)^2} = \frac{c^2(c - v_1)}{c^2 - v_1^2} = \frac{c^2(c - v_1)}{(c + v_1)(c - v_1)} = \frac{c^2}{c + v_1} \leq c \quad (34)$$

$$c_{p2} = v_{3/1} = \frac{-c - v_1}{1-(v_1/c)^2} = -\frac{c^2(c + v_1)}{c^2 - v_1^2} = -\frac{c^2(c + v_1)}{(c + v_1)(c - v_1)} = -\frac{c^2}{c - v_1} \leq -c \quad (35)$$

Jeżeli światło porusza się w eterze w tym samym kierunku jak układ  $U_1$ , wtedy jego prędkość w układzie wyraża się zależnością (34). Jeżeli światło porusza się w eterze w przeciwnym kierunku niż układ  $U_1$ , wtedy jego prędkość w układzie wyraża się zależnością (35). Prędkość światła w układzie  $U_1$  przyjmuje wartości jak na rysunku 4.





Rys. 4. Prędkość światła w inercjalnym układzie poruszającym się z prędkością  $v_1$  względem eteru.

Wynika stąd, że jeżeli układ  $U_1$  porusza się z prędkością bliską  $c$ , to światło biegnące w tym samym kierunku ma względem układu  $U_1$  prędkość bliską  $c/2$ . Światło biegnące w przeciwnym kierunku ma względem układu  $U_1$  prędkość nieskończoną. Wynika stąd, że prędkość światła względem inercjalnego układu może być bardzo duża, ponieważ zegary w układzie chodzą wolniej niż w eterze. Prędkość światła w eterze wynosi dokładnie  $c$ .

Niech w układzie  $U_1$ , światło biegnie równoległe do prędkości  $v_1$  układu  $U_1$  względem eteru. Podobnie jak w eksperymencie Michelson'a-Morley'a, światło biegnie na drodze  $L$  przez pewien czas  $t'$ . Na końcu drogi odbija się od zwierciadła i wraca z powrotem na tej samej drodze  $L$  przez pewien czas  $t''$ . Wtedy średnia prędkość światła na podstawie (34) oraz (35) wyniesie

$$c_{sr} = \frac{2L}{t' + t''} = \frac{2L}{\frac{L}{c_{p1}} + \frac{L}{c_{p2}}} = \frac{2L}{\frac{L}{\frac{c+v_1}{c}} + \frac{L}{\frac{c-v_1}{c}}} = \frac{2}{\frac{c+v_1}{c^2} + \frac{c-v_1}{c^2}} = \frac{2}{\frac{2c}{c^2}} = c \quad (36)$$

Prędkość ta zgadza się z wynikami eksperymentów Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a, z których wynika, że średnia prędkość światła jest stała i wynosi  $c$  (prędkość średnia, nie chwilowa). Wykazaliśmy, że z eksperymentu Michelson'a-Morley'a nie wynika to, że prędkość chwilowa światła jest stała w każdym kierunku. Prędkości wyrażone zależnościami (34) oraz (35) są różne. Pierwsza dotyczy kierunku zgodnego z prędkością  $v_1$ , a druga kierunku przeciwnego do prędkości  $v_1$ . Jednak średnia prędkość światła jest stała i wynosi  $c$ .

W pracach [5], [8] oraz [9] wyprowadzony został ogólny wzór na prędkość światła biegnącego w dowolnym kierunku w próżni

$$c'_{\alpha'} = \frac{c^2}{c + v \cos \alpha'} \quad (37)$$

Dla światła poruszającego się w nieruchomym względem obserwatora ośrodku materialnym ma postać ([5])

$$c'_{s\alpha'} = \frac{c^2 c_s}{c^2 + c_s v \cos \alpha'} \quad (38)$$

W tych dwóch zależnościami kąt  $\alpha'$  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.

Wzory (37) oraz (38) sprowadzają się do wzorów (34) oraz (35), jeżeli tylko podstawimy  $c_s=c$  oraz  $\alpha'=0$  rad lub  $\alpha'=\pi$  rad. Wzory (37) oraz (38) także posiadają własność przedstawioną w (36). Wystarczy sprawdzić, że dla prędkości światła wyrażonej wzorem (38), średnia prędkość na drodze do zwierciadła oraz z powrotem wynosi

$$c'_{sr} = \frac{2L}{t'_{s\alpha'} + t'_{s(\pi-\alpha')}} = \frac{2L}{\frac{L}{\frac{c^2 c_s}{c^2 + c_s v \cos \alpha'}} + \frac{L}{\frac{c^2 c_s}{c^2 + c_s v \cos(\pi - \alpha')}}} \quad (39)$$

$$c'_{sr} = \frac{2}{\frac{c^2 + c_s v \cos \alpha'}{c^2 c_s} + \frac{c^2 - c_s v \cos \alpha'}{c^2 c_s}} = \frac{2}{\frac{2c^2}{c^2 c_s}} = c_s \quad (40)$$

Z zależności (40) wynika, że  $c_s$  jest także prędkością średnią światła na drodze do zwierciadła oraz z powrotem w ośrodku materialnym nieruchomym względem obserwatora. Pomimo tego, że prędkość światła wyrażona wzorem (38) zależy od kąta  $\alpha'$  oraz prędkości  $v$ , to średnia prędkość światła na drodze do zwierciadła i z powrotem zawsze jest stała i wynosi  $c_s$ .

## 7. Wnioski końcowe

Wyznaczone transformacje (24)-(25) oraz (26)-(27) są zgodne z doświadczeniem Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a. Z transformacji tych 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 inercjalnego układu odniesienia. Z powodu tej własności prędkości światła eksperymenty Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a nie mogły wykryć uniwersalnego układu odniesienia.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że jest możliwe wyjaśnienie wyników eksperymentu Michelson'a-Morley'a na bazie uniwersalnego układu odniesienia. 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 uniwersalnego układu odniesienia, w którym rozchodzi się światło i porusza się 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 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 [5]-[7] w oparciu o wyznaczoną tutaj transformację została wyprowadzona nowa teoria fizyczna kinematyki i dynamiki ciał, nazwana przez autorów Szczególną Teorią Eteru. W pracach [8] oraz [9] pokazane zostało, że możliwe jest

osłabienie założenia IV oraz wyprowadzenie ogólniejszej postaci transformacji (24)-(27). Czyli można wyprowadzić wiele kinematyk zgodnych z eksperymentami Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a. W pracy [5] pokazano 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 pojęcie masy, energii kinetycznej oraz pędu.

Na podstawie przedstawionej kinematyki można w naturalny sposób wytłumaczyć anizotropię mikrofalowego promieniowania tła. Pozwala to wyznaczyć prędkość z jaką Układ Słoneczny porusza się względem uniwersalnego układu odniesienia, czyli 369,3 km/s. Zostało to pokazane w pracach [7] oraz [9].

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 [10]. Każdy z tych eksperymentów potwierdził jedynie to, że stała jest średnia prędkość światła. Dlatego założenia, na których opiera się przedstawione wyprowadzenie są uzasadnione eksperymentalnie.

## 8. Bibliografia

- [1] Michelson Albert A., Morley Edward W., *On the relative motion of the earth and the luminiferous ether*. Am. J. Sci. 34, 1887, 333-345.
- [2] Kennedy Roy J., Thorndike E. M., *Experimental Establishment of the Relativity of Time*, Phys. Rev. 42 (3), 1932, 400-418.
- [3] Tangherlini Frank R., *The Velocity of Light in Uniformly Moving Frame*, A Dissertation. Stanford University, 1958 (reprint in The Abraham Zelmanov Journal, Vol. 2, 2009, ISSN 1654-9163).
- [4] Mansouri Reza, Sexl Roman U., *A Test Theory of Special Relativity: I. Simultaneity and Clock Synchronization*, General Relativity and Gravitation, Vol. 8, No. 7, 1977, 497-513.
- [5] Szostek Karol, Szostek Roman, *Szczególna Teoria Eteru* (in Polish), Wydawnictwo Amelia, Rzeszów w Polsce 2015, ISBN 978-83-63359-77-5 ([www.ste.com.pl](http://www.ste.com.pl)).
- Szostek Karol, Szostek Roman, *Special Theory of Ether* (in English), Publishing house AMELIA, Rzeszow in Poland 2015, ISBN 978-83-63359-81-2 ([www.ste.com.pl](http://www.ste.com.pl)).
- [6] 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, 2016, 22-30, ISSN 2278-4861.
- [7] Szostek Karol, Szostek Roman, *Выделенная в космологии система отсчета и возможная модификация преобразований Лоренца* (w języku rosyjskim: Wyróżniony w kosmologii układ odniesienia i możliwa modyfikacja transformacji Lorentza), Ученые Записки Физического Факультета МГУ (Notatki Naukowe Uniwersytetu Moskiewskiego Państwowego Wydziału Fizyki), № 2, 2017, 172102, ISSN 2307-9665.
- [8] Szostek Karol, Szostek Roman, *Szczególna Teoria Eteru z dowolnym skróceniem poprzecznym*, viXra 2016, <http://www.vixra.org/abs/1609.0081>.
- [9] Szostek Karol, Szostek Roman, *Wyprowadzenie ogólnej postaci kinematyki z uniwersalnym układem odniesienia* (w języku polskim), viXra 2017, <http://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, <http://www.vixra.org/abs/1704.0105>.
- [10] 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 electrostatics to  $10^{-18}$* , Nature Communications 6, Article number: 8174, (2015).