

Wyjaśnienie wyników eksperymentu Michelsona-Morleya przy pomocy teorii z eterem

Karol Szostek¹, Roman Szostek²

¹*Politechnika Rzeszowska, Katedra Termodynamiki i Mechaniki Płynów, Rzeszów, Polska
kszostek@prz.edu.pl*

²*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.

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 tą 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 prostopadłym 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

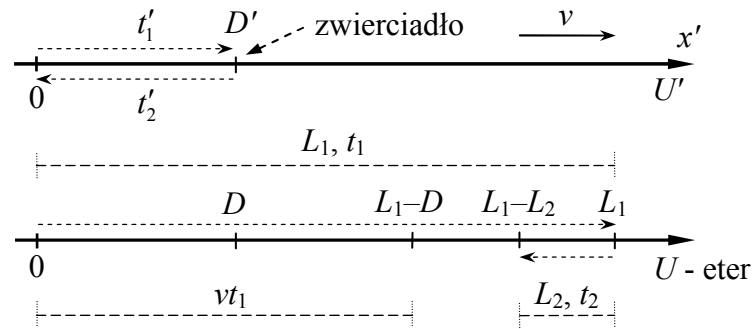
Rozpatrzmy układ inercjalny U' , który porusza się względem układu U związanego z eterem z prędkością v (rysunek 1). W układzie U' znajduje się zwierciadło w odległości D' od początku układu. Światło w układzie U przemieszcza się ze stałą prędkością c . Z układu U' , z punktu $x'=0$ w czasie $t=0$, wysłano 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_x . 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

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

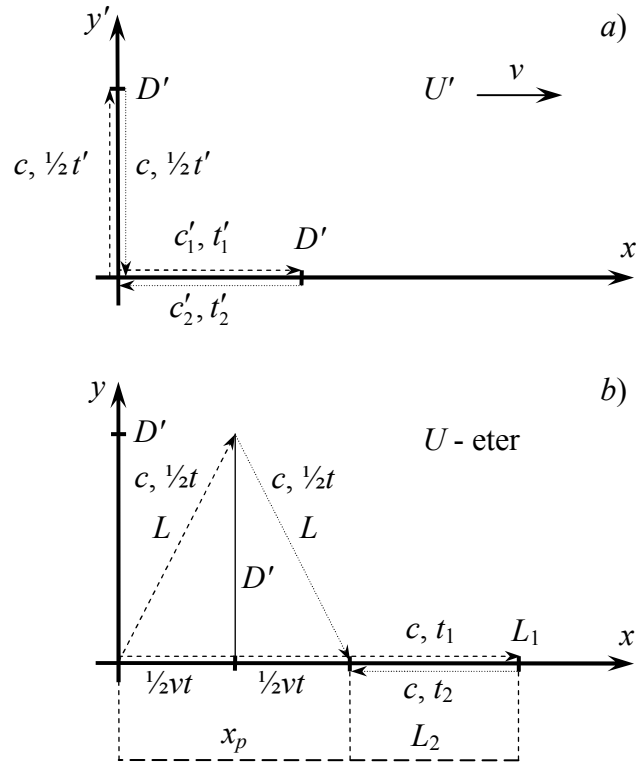
Przeanalizowano wyniki eksperymentu ze światłem w sposób przedstawiony na rysunku 2. Układ inercjalny U' porusza się z prędkością v względem układu U związanego z eterem, równoległe do osi x . Oś x oraz x' leżą na jednej prostej.

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 założenia II oraz III wynika, że średnia prędkość światła c_p w inercjalnym 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 $1/2t$.

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 UFE 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 przeływu 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 przeływu 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

$$L = \sqrt{(1/2x_p)^2 + D'^2} = \sqrt{(1/2vt)^2 + D'^2} \quad (8)$$

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

$$(1/2ct)^2 = (1/2vt)^2 + (1/2ct')^2 \quad (9)$$

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 przeływu 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 przeływu 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 przeływu 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

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

Z drugiego równania można wyznaczyć drogę, jaką układ U' pokonał w połowie czasu przepływu światła $1/2t$, czyli

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

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

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

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

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

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 inercyjnego 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 $x=D$. 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 inercjalnego 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 inercjalnego 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 inercjalny U' oznaczmy teraz jako U_1 . Z tego inercjalnego układu obserwowany jest inny układ inercjalny U_2 . Względem układu U (eteru) inercjalny układ U_1 ma prędkość v_1 , natomiast inercjalny 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)

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

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

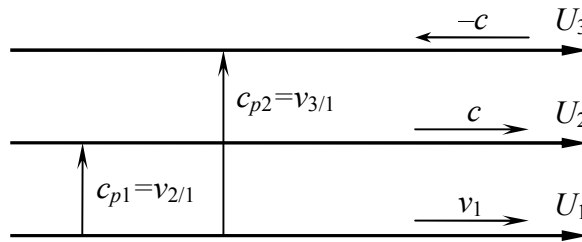
Po uwzględnieniu zależności (28) otrzymujemy szukany wzór na prędkość względną inercjalnego układu U_2 względem inercjalnego układu U_1

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

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.



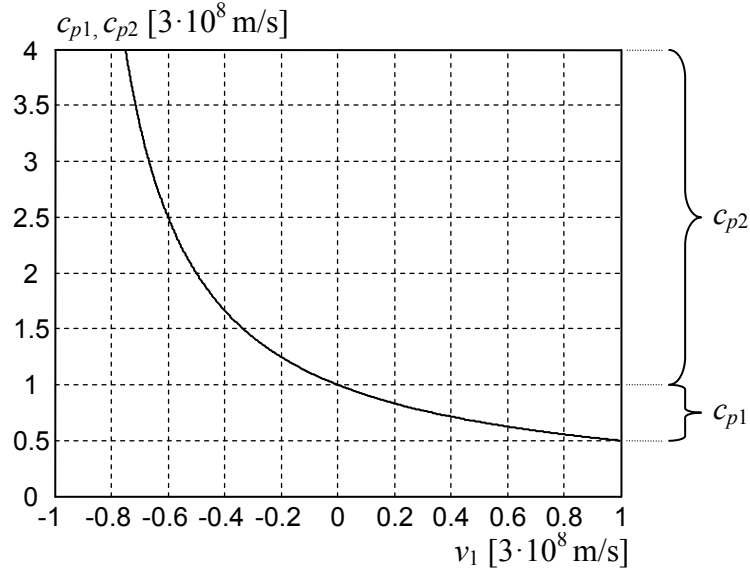
Rys. 3. Prędkość światła w jednym kierunku

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 UFE z prędkością $v_1 \geq 0$. Z zależności (33) można obliczyć prędkość światła w próżni mierzoną 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 inercyjnym 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 $1/2c$. Światło biegnące w przeciwnym kierunku ma względem układu U_1 prędkość nieskończoną. Wynika stąd, że prędkość światła względem inercyjnego 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

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

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 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.

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 α' 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 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], [8] oraz [9] w oparciu o wyznaczoną tutaj transformację została wyprowadzona nowa teoria fizyczna kinematyki i dynamiki ciał, nazwana przez autorów Szczególną Teorią Eteru.

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, 333–345 (1887)
- [2] Kennedy Roy J., Thorndike E. M., *Experimental Establishment of the Relativity of Time*, Phys. Rev. 42 (3), 400–418 (1932)
- [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, 497-513 (1977)
- [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).
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).
- [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 electrodynamics to 10^{-18}* , Nature Communications 6, Article number: 8174, (2015) DOI: 10.1038/ncomms9174