



Artykuł ukazał się w języku angielskim w otwartym dostępie w czasopiśmie

Journal of Modern Physics

Szostek Karol, Szostek Roman (2017)

The Explanation of the Michelson-Morley Experiment Results by Means Universal Frame of Reference
Journal of Modern Physics, Vol. 8, No. 11, 1868-1883, ISSN 2153-1196

DOI: <https://doi.org/10.4236/jmp.2017.811110>

Wyjaśnienie wyników eksperymentu Michelsona-Morleya przy pomocy uniwersalnego układu odniesienia

Karol Szostek¹, Roman Szostek²

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

²*Politechnika Rzeszowska, Katedra Metod Ilościowych, Rzeszów, Polska*
rszostek@prz.edu.pl

Streszczenie:

Powszechnie uważa się, że eksperymenty Michelson'a-Morley'a z 1887 roku oraz eksperyment Kennedy'ego-Thorndike'a z 1932 roku 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 (universal frame of reference - UFR). UFR jest układem odniesienia wyróżniającym się tym, że prędkość światła jest w nim stała w każdym kierunku. W inercjalnych układach odniesienia poruszających się względem UFR, prędkość światła może być inna.

W artykule wyprowadzony został wzór na prędkość względną oraz wzory na maksymalną i minimalną prędkość światła jaką można zmierzyć w układzie inercjalnym. Na koniec przy pomocy przedstawionej teorii wyjaśnione zostało zjawisko anizotropii mikrofalowego promieniowania tła. Według modelu kinematyki ciał przedstawionego w tym artykule anizotropia mikrofalowego promieniowania tła jest spowodowana efektem Dopplera dla obserwatora poruszającego się względem UFR.

Słowa Kluczowe: kinematyka ciał, uniwersalny układ odniesienia, transformacja czasu i położenia, prędkość światła w jednym kierunku, anizotropia mikrofalowego promieniowania tła

PACS: 02.90.+p , 03.30.+p

1. Wprowadzenie

W artykule zaprezentowano wyjaśnienie wyników eksperymentów Michelson'a-Morley'a [1] oraz Kennedy'ego-Thorndike'a [2], przy założeniu, że istnieje inercjalny układ odniesienia (UFR), w którym prędkość światła ma stałą wartość. W inercjalnych układach odniesienia poruszających się względem UFR, prędkość światła może być inna. W artykule wyprowadzone zostały transformacje z inercjalnego układu do UFR oraz z UFR 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 «UFR - inercjalny układ» (27)-(28) wyprowadzona w tym artykule metodą geometryczną była już wyprowadzona inną metodą w artykułach [3] oraz [4]. W pracy [4] autor otrzymał tę transformację z transformacji Lorentza dzięki synchronizacji zegarów w inercjalnych układach metodą zewnętrzną. Transformacja uzyskana w pracy [4] jest inaczej zapisaną transformacją Lorentza po zmianie sposobu mierzenia czasu w inercjalnym układzie odniesienia, dlatego transformacji tej przypisano własności Szczególnej Teorii Względności. Transformacja (27)-(28) ma inne fizyczne znaczenie niż transformacja Lorentza, ponieważ według teorii przedstawionej w tym artykule możliwe jest wyznaczenie prędkości względem uniwersalnego układu odniesienia przy pomocy lokalnego pomiaru. Czyli uniwersalny układ odniesienia jest realny, i nie jest dowolnie wybranym układem inercjalnym.

2. Przyjęte założenia

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

- I. Istnieje uniwersalny układ odniesienia (UFR) 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 UFR. Wynika to z eksperymentu Kennedy'ego-Thorndike'a.
- IV. W kierunku prostopadłym do kierunku prędkości ciała, poruszającego się względem UFR, nie następuje jego skrócenie ani wydłużenie.
- V. Transformacja «UFR - 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 - UFR (założenie I).

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

W pracach [5] oraz [6] 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 UFR

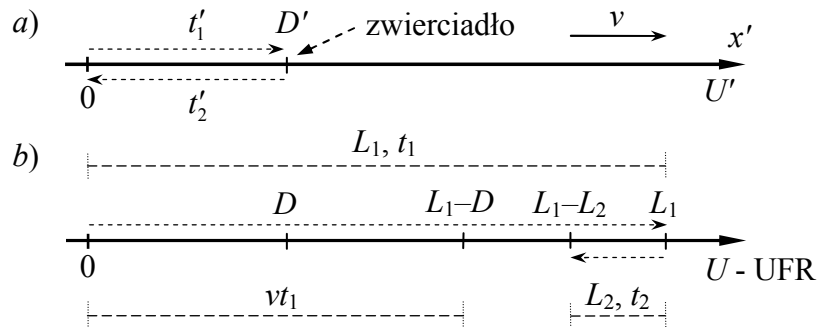
Rozpatrzmy układ inercjalny U' , który porusza się względem układu U związanego z UFR z prędkością v (rysunek 1). W układzie U' znajduje się zwierciadło w odległości D' od początku układu. Światło w układzie U przemieszcza się ze stałą prędkością c . Z układu U' , z punktu $x'=0$ w czasie $t=0$, wysłano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

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

$$L_1 = c \cdot t_1 = D \frac{c}{c - v}, \quad L_2 = c \cdot t_2 = D \frac{c}{c + v} \quad (4)$$

4. Geometryczne wyprowadzenie transformacji

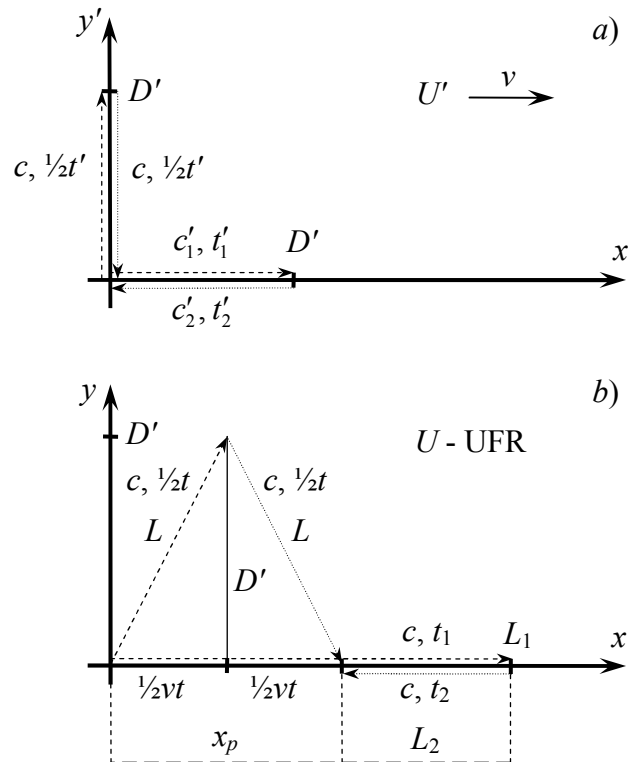
Przeanalizowano wyniki eksperymentu ze światłem w sposób przedstawiony na rysunku 2. Układ inercjalny U' porusza się z prędkością v względem układu U związanego z UFR, równoległe do osi x . Osie x oraz x' leżą na jednej prostej.

W chwili, gdy początki układów pokrywają się, synchronizowane są zegary w obu układach. Zegary w układzie U związanym z UFR 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 UFR. 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 UFR (założenie III).



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

Z założeń 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

$$c_p = f(v)c \quad (5)$$

Z założenia III wynika, że średnia prędkość c_p światła jest taka sama dla różnych prędkości Ziemi względem UFR, 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 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

$$\frac{2D'}{t'_1 + t'_2} = \frac{2D'}{t'} = c = \frac{2L}{t} = \frac{L_1 + L_2}{t_1 + t_2} \quad (6)$$

Z równania (6) można wyznaczyć drogi L oraz D' , które zależą od prędkości światła c oraz czasów przepływu światła t , t' odpowiednio w układach U oraz U'

$$L = \frac{ct}{2}; \quad D' = \frac{ct'}{2} \quad (7)$$

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

$$v = \frac{x_p}{t}; \quad x_p = vt \quad (8)$$

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

$$L = \sqrt{(x_p)^2 + D'^2} = \sqrt{(vt/2)^2 + D'^2} \quad (9)$$

Równanie (9) po podniesieniu do kwadratu i uwzględnieniu zależności (7) otrzyma postać

$$(ct/2)^2 = (vt/2)^2 + (ct'/2)^2 \quad (10)$$

Po uporządkowaniu otrzymamy

$$t^2(c^2 - v^2) = (ct')^2 \quad (11)$$

$$t = t' \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad \text{dla } x' = 0 \quad (12)$$

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 (12) jest prawdziwa dla dowolnego czasu.

Długość D' związana z układem U' równoległa do osi x jest z punktu widzenia układu U 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 (4) otrzymujemy równania na drogi przepływu światła w układzie U w obu kierunkach wzdłuż osi x'

$$L_1 = ct_1 = D \frac{c}{c-v}; \quad L_2 = ct_2 = D \frac{c}{c+v} \quad (13)$$

Z równań (13) można wyznaczyć sumę i różnicę dróg L_1 oraz L_2 , jakie światło przebyło w układzie U

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

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

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

$$x_p / 2 = vt / 2 = \frac{L_1 - L_2}{2} = D \frac{v}{c} \cdot \frac{1}{1 - (v/c)^2} \quad (15)$$

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

$$2L = L_1 + L_2 \quad (16)$$

Po podstawieniu (9) oraz pierwszego równania (14) otrzymamy

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

Po skróceniu przez 2 i podniesieniu do kwadratu oraz uwzględnieniu (15) otrzymamy

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

Z równania (18) można wyznaczyć zależność na skrócenie długości

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

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

$$D = D' \sqrt{1 - (v/c)^2} \quad (20)$$

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 (20) jest prawdziwa dla dowolnej wartości D' .

Po wstawieniu (12) do (8) uzyskamy

$$x_p = vt' \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad \text{dla} \quad x' = 0 \quad (21)$$

Przyjmujemy, że transformacja z inercyjnego układu U' do układu U jest liniowa (założenie V). Jeśli do transformacji czasu i położenia (12), (21) dodać czynniki liniowe zależne od x' , wówczas uzyskamy transformację z niewiadomymi współczynnikami a, b

$$\begin{aligned} t &= t' \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} + ax' \\ x &= vt' \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} + bx' \end{aligned} \quad (22)$$

Transformacja (22) 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 (22) $t=t'=0$, $x'=D'$ oraz $x=D$. W tym momencie została zastosowana synchronizacja zewnętrzna zegarów w układzie U' na podstawie zegarów w UFR. Po uwzględnieniu (20) otrzymujemy

$$\begin{aligned} 0 &= aD' \\ \sqrt{1 - (v/c)^2} D' &= bD' \end{aligned} \quad (23)$$

Stąd otrzymamy współczynniki a oraz b

$$\begin{aligned} a &= 0 \\ b &= \sqrt{1 - (v/c)^2} \end{aligned} \quad (24)$$

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

$$t = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} t' \quad (25)$$

$$x = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} vt' + \sqrt{1 - (v/c)^2} \cdot x' \quad (26)$$

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

$$t' = \sqrt{1 - (v/c)^2} \cdot t \quad (27)$$

$$x' = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} (-vt + x) \quad (28)$$

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 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

$$v_2 = \frac{dx}{dt} \quad (29)$$

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

$$v_{2/1} = \frac{dx_1}{dt_1} \quad (30)$$

Aby wyznaczyć prędkość względną układu U_2 względem układu U_1 , obliczymy różniczki z transformacji (27)-(28) ($t_1=t'$, $x_1=x'$, $v_1=v$)

$$\begin{cases} dt_1 = \sqrt{1-(v_1/c)^2} \cdot dt \\ dx_1 = \frac{1}{\sqrt{1-(v_1/c)^2}} (-v_1 dt + dx) \end{cases} \quad (31)$$

Powyższe różniczki wstawiamy do wzoru (30)

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

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

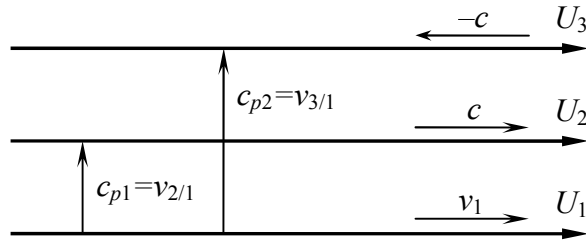
Po uwzględnieniu zależności (29) otrzymujemy szukany wzór na prędkość względną inercjalnego układu U_2 względem inercjalnego układu U_1

$$v_{2/1} = \frac{v_2 - v_1}{1-(v_1/c)^2} \quad (34)$$

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 UFR równoległe do osi współrzędnych, rysunek 3.



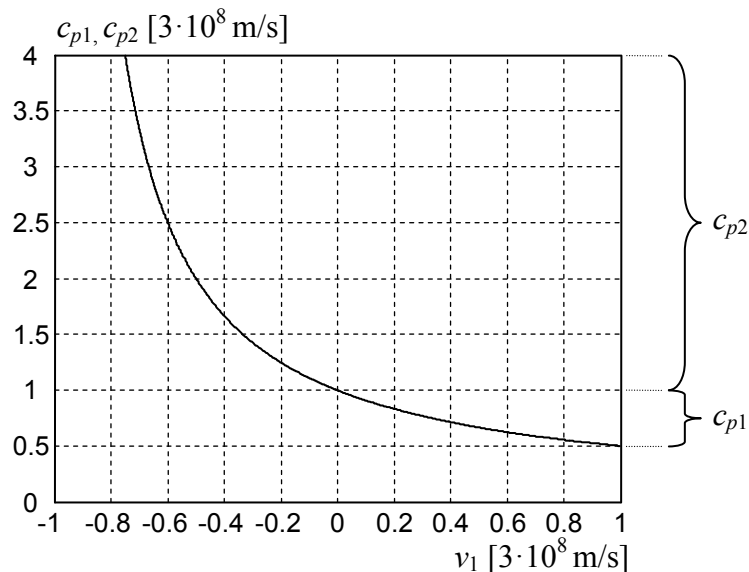
Rys. 3. Prędkość światła w jednym kierunku.

Układy U_2 oraz U_3 są związane ze światłem, ale poruszają się w przeciwnych kierunkach z prędkościami światła w próżni $c_{p1}=v_{2/1}$ oraz $c_{p2}=v_{3/1}$ względem układu U_1 . Dlatego ich prędkości względem UFR wynoszą $v_2=c$ oraz $v_3=-c$. Układ U_1 porusza się względem UFE z prędkością $v_1 \geq 0$. Z zależności (34) można obliczyć prędkość światła w próżni mierzoną w układzie U_1

$$c_{p1} = v_{2/1} = \frac{c - v_1}{1 - (v_1/c)^2} = \frac{c^2(c - v_1)}{c^2 - v_1^2} = \frac{c^2(c - v_1)}{(c + v_1)(c - v_1)} = \frac{c^2}{c + v_1} \leq c \quad (35)$$

$$c_{p2} = v_{3/1} = \frac{-c - v_1}{1 - (v_1/c)^2} = -\frac{c^2(c + v_1)}{c^2 - v_1^2} = -\frac{c^2(c + v_1)}{(c + v_1)(c - v_1)} = -\frac{c^2}{c - v_1} \leq -c \quad (36)$$

Jeżeli światło porusza się w UFR w tym samym kierunku jak układ U_1 , wtedy jego prędkość w układzie wyraża się zależnością (35). Jeżeli światło porusza się w UFR w przeciwnym kierunku niż układ U_1 , wtedy jego prędkość w układzie wyraża się zależnością (36). 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 UFR.

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 UFR. Prędkość światła w UFR wynosi dokładnie c .

Niech w układzie U_1 , światło biegnie równoległe do prędkości v_1 układu U_1 względem UFR. 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 (35) oraz (36) wyniesie c .

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 (35) oraz (36) 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 [7] oraz [8] wyprowadzony został ogólny wzór na prędkość światła $c'_{\alpha'}$ biegnącego w dowolnym kierunku w próżni o postaci

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

Dla światła poruszającego się w nieruchomym względem obserwatora ośrodku materialnym wzór na prędkość światła ma postać wyprowadzoną w pracy [7] ($c'_{s\alpha'}$ jest jednokierunkową prędkością światła w ośrodku materialnym poruszającym się razem z obserwatorem)

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

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

Wzory (37) oraz (38) sprowadzają się do wzorów (35) oraz (36), jeżeli tylko podstawimy $c_s=c$ oraz $\alpha'=0$ rad lub $\alpha'=\pi$ rad. 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 ruchomego 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. Anizotropia kosmicznego mikrofalowego promieniowania tła

Światło jest szczególnym przypadkiem promieniowania elektromagnetycznego, jednak powyższe rozważania dotyczą nie tylko światła, ale każdego promieniowania elektromagnetycznego.

Przestrzeń kosmiczna wypełniona jest mikrofalowym promieniowaniem tła. Liczne badania na ten temat zostały omówione w pracy [9]. Widmo tego promieniowania jest takie jak widmo promieniowania ciała doskonale czarnego o temperaturze

$$\bar{T}_v = 2.726 \pm 0.010 \text{ K} \quad (41)$$

Mikrofalowe promieniowanie tła jest promieniowaniem elektromagnetycznym o maksymalnym natężeniu dla częstotliwości około 300 GHz. Promieniowanie tła posiada niejednorodność (anizotropię) z amplitudą

$$\Delta T_v = 3.358 \pm 0.017 \text{ mK} \quad (42)$$

Najmniejszą temperaturę promieniowanie tła ma w pobliżu gwiazdozbioru Wodnika, natomiast największą temperaturę w pobliżu gwiazdozbioru Lwa.

Anizotropię mikrofalowego promieniowania tła próbuje się tłumaczyć na różne sposoby, ale w istocie jest ona dowodem na istnienie UFR, czyli układu odniesienia, w którym rozchodzi się światło. Anizotropia jest spowodowana efektem Dopplera widzianym przez obserwatora poruszającego się względem UFR. Na tej podstawie można wyznaczyć prędkość z jaką Układ Słoneczny porusza się względem UFR.

Wiadomo, że mikrofalowe promieniowanie tła jest bardzo przenikliwe przez materię wypełniająca przestrzeń kosmiczną, dlatego jeżeli jego źródła są słabe i rozproszone, to w czasie długiej ewolucji wszechświata nagromadziło się ono równomiernie w całej przestrzeni. Dlatego można przyjąć, że mikrofalowe promieniowanie tła jest jednorodne w uniwersalnym układzie odniesienia i odpowiada temperaturze T_0 ciała doskonale czarnego.

W pracy [7] pokazano, że na podstawie transformacji (25)-(28) można wyprowadzić wzór na efekt Dopplera z UFR do inercjalnego układu, taki sam jaki występuje w STW, czyli

$$f_v = f_0 \frac{c - v \cos \alpha_E}{\sqrt{c^2 - v^2}}; \quad \alpha_E \in (0 \div \pi) \quad (43)$$

gdzie: f_v jest częstotliwością mikrofalowego promieniowania tła widzianą z Układu Słonecznego, f_0 jest częstotliwością mikrofalowego promieniowania tła widzianą z UFR, natomiast kąt α_E jest kątem pomiędzy wektorem prędkości v oraz wektorem prędkości światła. Kąt α_E jest widziany z UFR.

Dla $\alpha_E=0$ wzór (43) sprowadza się do postaci

$$f_v^{\min} = f_0 \sqrt{\frac{(c-v)^2}{(c+v)(c-v)}} = f_0 \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} \quad \text{dla } \alpha_E = 0 \quad (44)$$

Na podstawie prawa przesunięć Wiena, długość fali świetlnej o maksymalnej mocy jest związana z temperaturą emitującego ją ciała doskonale czarnego zależnością

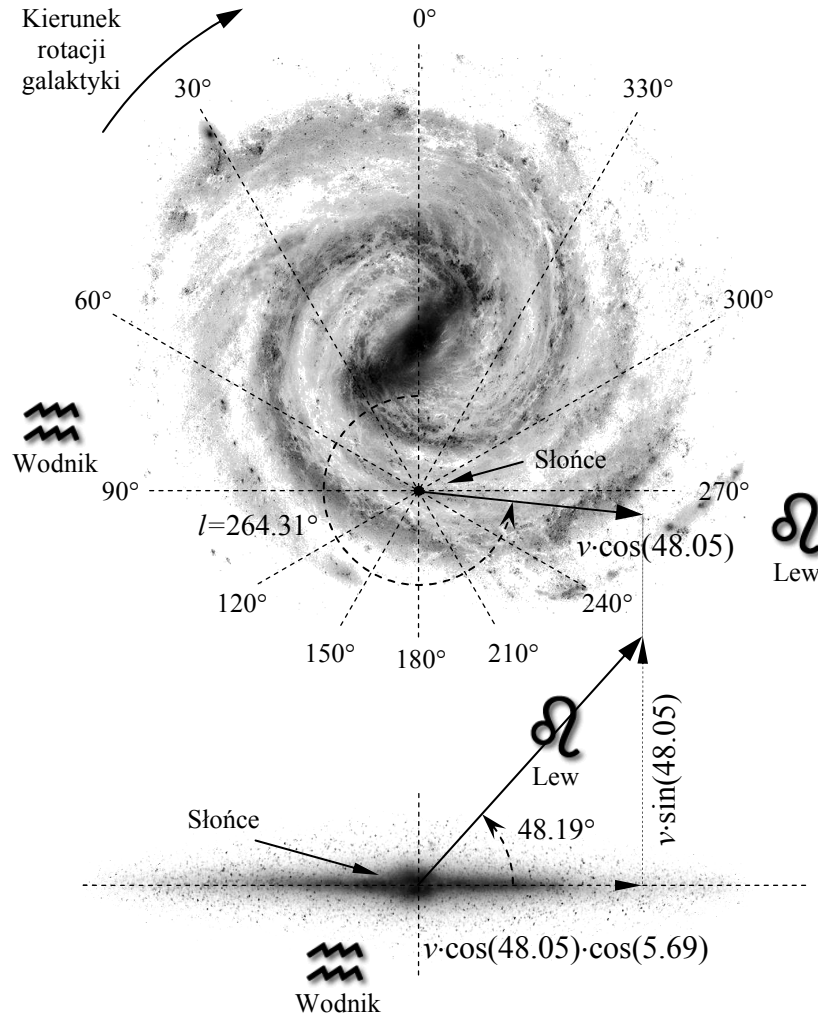
$$\frac{1}{\lambda_{\max}} = \frac{T}{0.0029 [\text{m} \cdot \text{K}]} \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda_{\max}} = \frac{cT}{0.0029} \quad (45)$$

Dla częstotliwości widzianej w układzie eteru otrzymujemy

$$f_0 = \frac{cT_0}{0.0029} \quad (46)$$

natomiast dla częstotliwości widzianej przez ruchomego obserwatora

$$f_v^{\min} = \frac{cT_v^{\min}}{0.0029} = \frac{c(\bar{T}_v - \Delta T_v)}{0.0029} \quad \text{dla } \alpha_E = 0 \quad (47)$$



Rys. 5. Prędkość Układu Słonecznego względem eteru.

Rzut na płaszczyznę Galaktyki oraz rzut na płaszczyznę prostopadłą do płaszczyzny Galaktyki (90°-270°). Widok galaktyki Droga Mleczna z góry (z naniesionymi współrzędnymi galaktycznymi) oraz widok z boku.

Po podstawieniu do (44) otrzymujemy

$$T_v^{\min} = \bar{T}_v - \Delta T_v = T_0 \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} \quad \text{dla} \quad \alpha_E = 0 \quad (48)$$

Na tej podstawie

$$(T_0 \approx \bar{T}_v \quad \wedge \quad \alpha_E = 0) \Rightarrow v \approx c \frac{\bar{T}_v^2 - (\bar{T}_v - \Delta T_v)^2}{\bar{T}_v^2 + (\bar{T}_v - \Delta T_v)^2} \quad (49)$$

Ostatecznie, analogicznie jak w pracy [9], otrzymujemy prędkość Układu Słonecznego względem UFR ($c = 299792.458$ km/s)

$$v = 369.5 \pm 3 \text{ km/s} \approx 0.001233 \cdot c \quad (50)$$

Prędkość ta jest zwrócona w kierunku gwiazdozbioru Lwa, w kierunku współrzędnych galaktycznych (rysunek 5)

$$\begin{aligned} l &= 264.31^\circ \pm 0.16^\circ \\ b &= 48.05^\circ \pm 0.10^\circ \end{aligned} \quad (51)$$

Ponieważ pomiary mikrofalowego promieniowania tła były wykonywane bardzo precyzyjnie dlatego tą wartością prędkość Układu Słonecznego względem UFR można uważać za precyzyjną. Ciekawe jest, to że prędkość ta jest tego samego rzędu jak jej zgrubne oszacowanie 445 km/s otrzymane na podstawie eksperymentu z mezonami K^+ w pracy [7].

8. Wnioski końcowe

Wyznaczone transformacje (25)-(26) oraz (27)-(28) są zgodne z eksperymentami 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.

Przyjęte założenia I-V pozwalają na wyjaśnienie anizotropii kosmicznego mikrofalowego promieniowania tła. Anizotropia ta jest spowodowana efektem Dopplera, który wynika z ruchu Układu Słonecznego względem UFR.

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 [7], [8] oraz [10] w oparciu o wyznaczoną tutaj transformację została wyprowadzona nowa teoria fizyczna kinematyki i dynamiki ciał, nazwana przez autorów Szczególną Teorią Eteru. W pracy [8] pokazane zostało, że możliwe jest osłabienie założenia IV oraz wyprowadzenie ogólniejszej postaci transformacji (25)-(28). Czyli można wyprowadzić wiele kinematyk zgodnych z eksperymentami Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a. W pracy [7] 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.

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 [11]. 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] 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 Edward M., *Experimental Establishment of the Relativity of Time*. „Physical Review”. 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, 1977, 497-513.
- [5] 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), 2016, Volume 8, Issue 4, Version III, 22-30, ISSN 2278-4861.
- [6] 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
- [7] Szostek Karol, Szostek Roman, *Szczególna Teoria Eteru* (w języku polskim). Wydawnictwo Amelia, Rzeszów, Polska, 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, Poland, 2015, ISBN 978-83-63359-81-2 (www.ste.com.pl).
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Szostek Karol, Szostek Roman, *Wyjaśnienie wyników eksperymentu Michelsona-Morleya przy pomocy teorii z eterem* (w języku polskim). viXra 2017, www.vixra.org/abs/1704.0302
Szostek Karol, Szostek Roman, *The explanation of the Michelson-Morley experiment results by means of the theory of ether* (w języku angielskim). viXra 2016, www.vixra.org/abs/1612.0019.
- [11] 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.