

Artykuł ukazał się w języku angielskim w czasopiśmie

Moscow University Physics Bulletin

The derivation of the general form of kinematics with the universal reference system

Results in Physics, Vol. 8, 2018, 413-421, ISSN: 2211-3797

Szostek Karol, Szostek Roman

<https://link.springer.com/article/10.3103/S0027134918040136>

oraz

w języku rosyjskim w otwartym dostępie w czasopiśmie



Вестник Московского Университета. Серия 3. Физика и Астрономия

Кинематика в Специальной Теории Эфира

Вестник Московского Университета, Vol. 73, № 4, 2018, 70-79, ISSN 0579-9392

Шостэк Карол, Шостэк Роман

<http://vnu.phys.msu.ru/toc/2018/4>

Kinematyka w Szczególnej Teorii Eteru

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:

Celem artykułu jest pokazanie, że eksperymenty Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a nie są wystarczające do uzasadnienia Szczególnej Teorii Względności. Możliwe jest bowiem wyjaśnienie tych eksperymentów przy pomocy innej teorii, w której występuje uniwersalny układ odniesienia.

W artykule wyprowadzamy nową teorię kinematyki ciał z uniwersalnym układem odniesienia, którą nazwaliśmy Szczólną Teorią Eteru (STE).

W artykule wyjaśniono dlaczego eksperymenty Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a nie były w stanie wykryć uniwersalnego układu odniesienia.

W artykule wyprowadzamy na podstawie geometrycznej analizy eksperymentów Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a inną transformację czasu i położenia niż transformacja Lorentza. Wyprowadzona została także transformacja prędkości, wzór na sumowanie prędkości dla prędkości bezwzględnej, wzór na skrócenie długości oraz wzór na dylatację czasu.

Cały artykuł zawiera tylko oryginalne badania autorów publikacji.

Słowa kluczowe: kinematyka ciał, uniwersalny układ odniesienia, transformacja czasu i położenia, prędkość światła w jednym kierunku

Wprowadzenie

Eksperyment Michelson'a-Morley'a nie jest jedynym eksperymentalnym oraz obserwacyjnym rezultatem, na którym zbudowana jest Szczególna Teoria Względności, ale tutaj nie bierzemy pod uwagę innych wyników, które są teraz uważane za podstawy Szczególnej Teorii Względności.

W artykule zaprezentowano wyjaśnienie wyników eksperymentów Michelson'a-Morley'a [1] oraz Kennedy'ego-Thorndike'a [2], przy założeniu, że istnieje inercjalny układ odniesienia (universal frame of reference - UFR, eter), w którym prędkość światła ma stałą wartość. W inercjalnych układach odniesienia poruszających się względem UFR, jednokierunkowa 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 przekonywującego 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 [3] autor otrzymał tę transformację z transformacji Lorentza dzięki synchronizacji zegarów w inercjalnych układach metodą zewnętrzną. Transformacja uzyskana w pracy [3] 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.

1. 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. 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.

2. Czas i droga przepływu światła w UFR

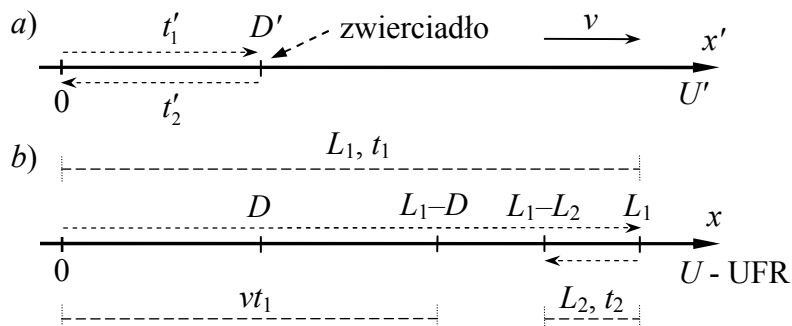
Rozpatrzmy układ inercjalny U' , który porusza się względem układu U związanego z UFR z prędkością v (rysunek 1). W układzie U' znajduje się zwierciadło w odległości D' od początku układu. Światło w układzie U przemieszcza się ze stałą prędkością c . Z układu U' , z punktu $x' = 0$ w czasie $t = 0$,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

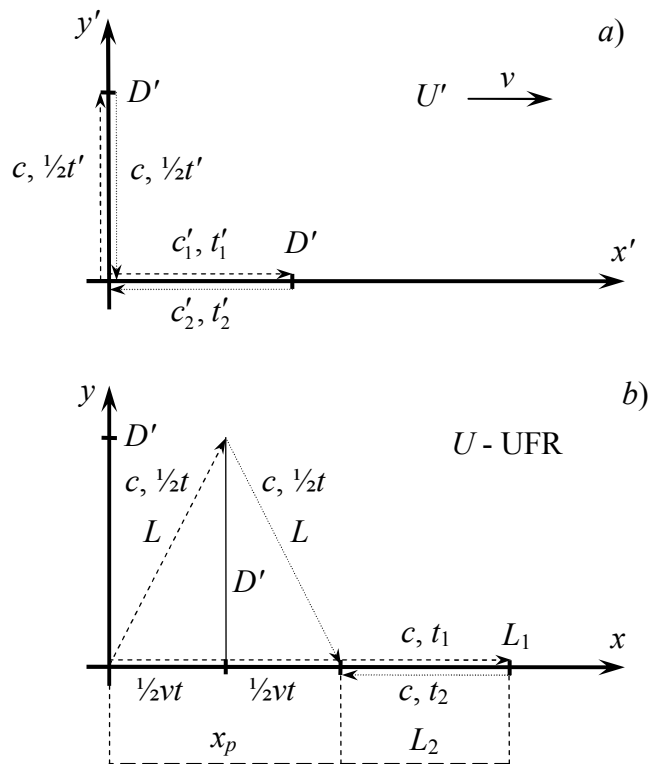
$$t_1 = \frac{D}{c-v}, \quad t_2 = \frac{D}{c+v} \quad (3)$$

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

3. 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 [3]. 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 $t' = 0$.



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

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).

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

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

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 równolegle 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 równolegle 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

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

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 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 (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 przeływu 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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$t = t' \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} + ax' \quad (22)$$

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

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 $x = D$. Po uwzględnieniu (20) otrzymujemy

$$0 = aD'$$

$$\sqrt{1-(v/c)^2} D' = bD' \quad (23)$$

Stąd otrzymamy współczynniki a oraz b

$$a = 0$$

$$b = \sqrt{1-(v/c)^2} \quad (24)$$

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 inercjalnego układu U'

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

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

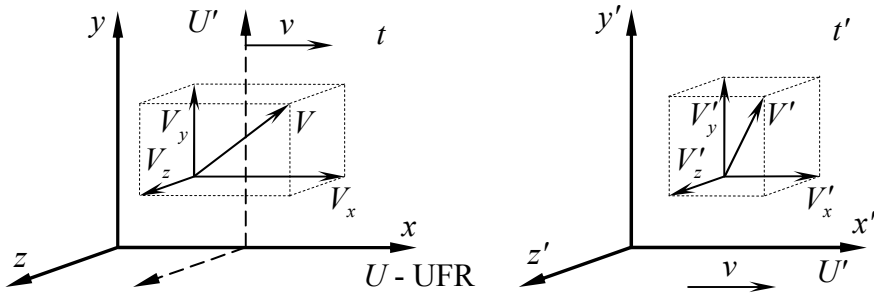
Ze względu na założenie IV zachodzi także

$$y' = y \quad \text{oraz} \quad z' = z \quad (29)$$

Prędkość v jest prędkością układu inercjalnego względem uniwersalnego układu odniesienia.

4. Transformacja prędkości

Osie układu inercjalnego U' oraz układu U związanego z eterem ustalono tak, aby były do siebie równoległe (rysunek 3). Układ inercjalny porusza się z prędkością v równoległe do osi x oraz x' .



Rys. 3. Ruch widziany z eteru i układu inercjalnego.

Różniczki z transformacji (27)-(29) mają postać

$$\begin{cases} dt' = \sqrt{1 - (v/c)^2} dt \\ dx' = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} (-vdt + dx) \\ dy' = dy \\ dz' = dz \end{cases} \quad (30)$$

Z eteru U oraz układu inercjalnego U' obserwowane jest poruszające się ciało. Ma ono w eterze prędkość V natomiast w układzie inercjalnym ma prędkość V' . Składowe tych prędkości zostały przedstawione na rysunku 3.

Prędkość ciała w układzie eteru U można zapisać w postaci

$$V_x = \frac{dx}{dt}, \quad V_y = \frac{dy}{dt}, \quad V_z = \frac{dz}{dt} \quad (31)$$

Prędkość ciała w układzie inercjalnym U' można zapisać w postaci

$$V'_x = \frac{dx'}{dt'}, \quad V'_y = \frac{dy'}{dt'}, \quad V'_z = \frac{dz'}{dt'} \quad (32)$$

Do równań (32) wstawiamy różniczki (30). Otrzymujemy

$$\left\{ \begin{array}{l} V'_x = \frac{\frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}}(-vdt + dx)}{\sqrt{1-(v/c)^2} dt} \\ V'_y = \frac{dy}{\sqrt{1-(v/c)^2} dt} \\ V'_z = \frac{dz}{\sqrt{1-(v/c)^2} dt} \end{array} \right. \quad (33)$$

Czyli

$$\left\{ \begin{array}{l} V'_x = \frac{-v}{1-(v/c)^2} + \frac{1}{1-(v/c)^2} \frac{dx}{dt} \\ V'_y = \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \frac{dy}{dt} \\ V'_z = \frac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \frac{dz}{dt} \end{array} \right. \quad (34)$$

Na podstawie (31) otrzymujemy szukaną transformację prędkości

$$\left\{ \begin{array}{l} V'_x = \frac{V_x - v}{1-(v/c)^2} \\ V'_y = \frac{V_y}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \\ V'_z = \frac{V_z}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \end{array} \right. \quad (35)$$

Transformacja (35) wyraża prędkość względną V' od prędkości bezwzględnych V oraz v . Na podstawie pierwszego równania tej transformacji można wyznaczyć wzór na sumowanie prędkości w postaci (gdy $V_y = V'_y = 0$ oraz $V_z = V'_z = 0$)

$$V_x = v + V'_x(1-(v/c)^2) \quad (36)$$

5. Prędkość światła w próżni dla ruchomego obserwatora

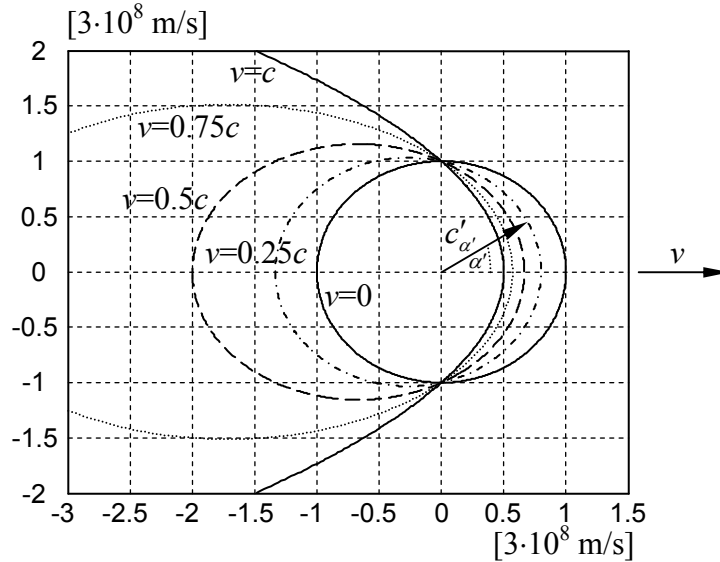
W pracach [7, 8], na podstawie transformacji (25)-(26), wyprowadzony został ogólny wzór na prędkość światła biegnącego w dowolnym kierunku. Dla światła poruszającego się w próżni ma on postać (rysunek 4)

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

Dla światła poruszającego się w nieruchomym względem obserwatora ośrodku materialnym [7] ma postać

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

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.



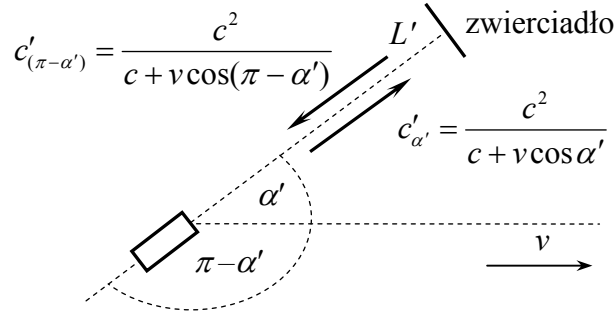
Rys. 4. Jednokierunkowa prędkość światła c'_{α} w układzie inercyjnym dla $v = 0, 0.25c, 0.5c, 0.75c, c$.

Wyznamy teraz średnią prędkość światła, które w dowolnym układzie inercyjnym przebywa drogę o długości L' , odbija się od zwierciadła i wraca tą samą drogą do punktu wyjścia (rysunek 5). Jeżeli t'_1 jest czasem jaki światło potrzebuje na przebycie drogi L' w jedną stronę, natomiast t'_2 jest czasem jaki światło potrzebuje na przebycie tej samej drogi w drugą stronę, wtedy średnia prędkość światła na drodze tam i z powrotem na podstawie (37) wynosi

$$c'_{sr} = \frac{2L'}{t'_1 + t'_2} = \frac{2L'}{\frac{L'}{c^2} + \frac{L'}{c^2}} = \frac{2L'}{\frac{L'}{c + v \cos \alpha'} + \frac{L'}{c + v \cos(\pi - \alpha')}} \quad (39)$$

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

Wynika z tego, że średnia prędkość światła jest stała i równa jest jednokierunkowej prędkości światła c widzianej z eteru. Ta średnia prędkość nie zależy od kąta α' ani od prędkości v . Z tego powodu obracanie ramion interferometru w eksperymentach Michelsona-Morleya oraz Kennedyego-Thorndikea nie wpływa na prążki interferencyjne. Właśnie dlatego eksperymenty te nie mogły wykryć eteru.



Rys. 5. Prędkości światła w eksperymentach Michelson'a-Morley'a.

6. Transformacja pomiędzy dwoma układami inercyjnymi

Transformację z inercyjnego układu U_2 do uniwersalnego układu odniesienia U można zapisać na podstawie (25)-(26). Transformację z uniwersalnego układu odniesienia U do inercyjnego układu U_1 można zapisać na podstawie (27)-(28). Prędkość v_1 jest prędkością układu U_1 w układzie U , natomiast prędkość v_2 jest prędkością układu U_2 w układzie U . Stąd otrzymujemy

$$\begin{cases} t = \frac{1}{\sqrt{1-(v_2/c)^2}} t_2 \\ x = \frac{1}{\sqrt{1-(v_2/c)^2}} v_2 t_2 + \sqrt{1-(v_2/c)^2} \cdot x_2 \\ y = y_2 \\ z = z_2 \end{cases} \quad (41)$$

oraz

$$\begin{cases} t_1 = \sqrt{1-(v_1/c)^2} \cdot t \\ x_1 = \frac{1}{\sqrt{1-(v_1/c)^2}} (-v_1 t + x) \\ y_1 = y \\ z_1 = z \end{cases} \quad (42)$$

Rozważymy tylko najprostszy przypadek, w którym prędkości v_1 oraz v_2 są do siebie równoległe. Równania (41) wstawiamy do równań (42). Na tej podstawie, po małych przekształceniach, otrzymujemy transformację z inercyjnego układu U_2 do inercyjnego układu U_1 w postaci

$$\begin{cases} t_1 = \frac{\sqrt{1-(v_1/c)^2}}{\sqrt{1-(v_2/c)^2}} t_2 \\ x_1 = \frac{v_2 - v_1}{\sqrt{1-(v_1/c)^2} \sqrt{1-(v_2/c)^2}} t_2 + \frac{\sqrt{1-(v_2/c)^2}}{\sqrt{1-(v_1/c)^2}} x_2 \\ y_1 = y_2 \\ z_1 = z_2 \end{cases} \quad (43)$$

7. Skrócenia w STE

7.1. Skrócenie długości

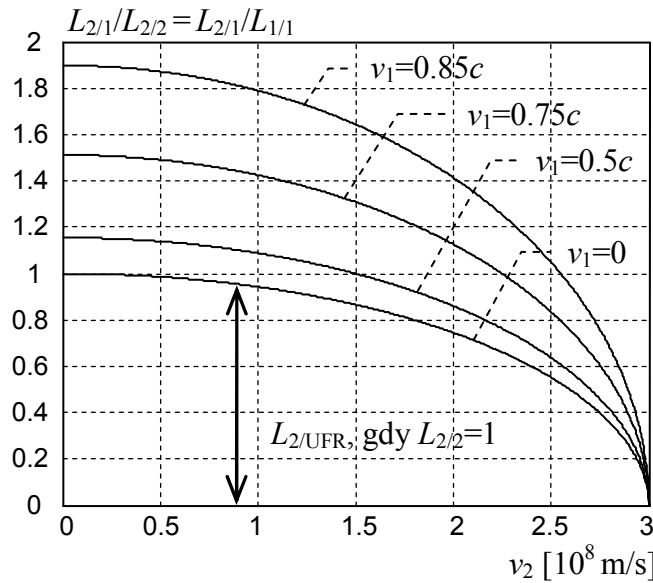
Rozważymy dwa układy U_1 oraz U_2 poruszające się w UFR w tym samym kierunku odpowiednio z prędkościami v_1 oraz v_2 . W układach tych, równoległe do kierunku ruchu, umieszczone zostały nieruchomo dwie identyczne linijki o długości $L_{1/1}=L_{2/2}$. Przez L_{ij} oznaczamy długość linijki nieruchomej w układzie U_i , jaką mierzy obserwator z układu U_j . Końce linijki nieruchomej w układzie U_2 znajdują się w tym układzie w położeniu x_2^A oraz x_2^B . Na podstawie (43), dla każdego czasu t_2 , końce tej linijki mają w układzie U_1 współrzędne

$$x_{2/1}^A = \frac{v_2 - v_1}{\sqrt{1 - (v_1/c)^2} \cdot \sqrt{1 - (v_2/c)^2}} t_2 + \frac{\sqrt{1 - (v_2/c)^2}}{\sqrt{1 - (v_1/c)^2}} x_2^A \quad (44)$$

$$x_{2/1}^B = \frac{v_2 - v_1}{\sqrt{1 - (v_1/c)^2} \cdot \sqrt{1 - (v_2/c)^2}} t_2 + \frac{\sqrt{1 - (v_2/c)^2}}{\sqrt{1 - (v_1/c)^2}} x_2^B \quad (45)$$

Po odjęciu stronami (45) oraz (44) otrzymamy $L_{2/1}$, czyli długość linijki z układu U_2 widzianą w układzie U_1

$$L_{2/1} = x_{2/1}^B - x_{2/1}^A = \frac{\sqrt{1 - (v_2/c)^2}}{\sqrt{1 - (v_1/c)^2}} (x_2^B - x_2^A) \quad (46)$$



Rys. 6. Skrócenie długości z U_2 widziane w układzie U_1 o zadanej stałej prędkości v_1 .

Ponieważ

$$L_{2/2} = x_2^B - x_2^A \quad (47)$$

dlatego wzór na skrócenie długości wyrażony od prędkości bezwzględnych ma postać

$$L_{2/1} = \frac{\sqrt{c^2 - v_2^2}}{\sqrt{c^2 - v_1^2}} L_{2/2} \quad (48)$$

Na rysunku 6 przedstawiono skrócenie długości (48), w funkcji prędkości v_2 , gdy układ U_1 ma stałą prędkość v_1 .

Gdy układ U_1 jest nieruchomy względem UFR (czyli $v_1 = 0$), wtedy wzór (48) na skrócenie długości przyjmuje identyczną postać jak wzór na skrócenie Lorentza ze Szczególnej Teorii Względności

$$L_{2/UFR} = \sqrt{1 - (v_2/c)^2} L_{2/2} \quad (49)$$

Wynika stąd, że w STE ciała ulegają skróceniu w identyczny sposób jak w STW, ale tylko dla obserwatora nieruchomego względem UFR.

7.2. Dylatacja czasu

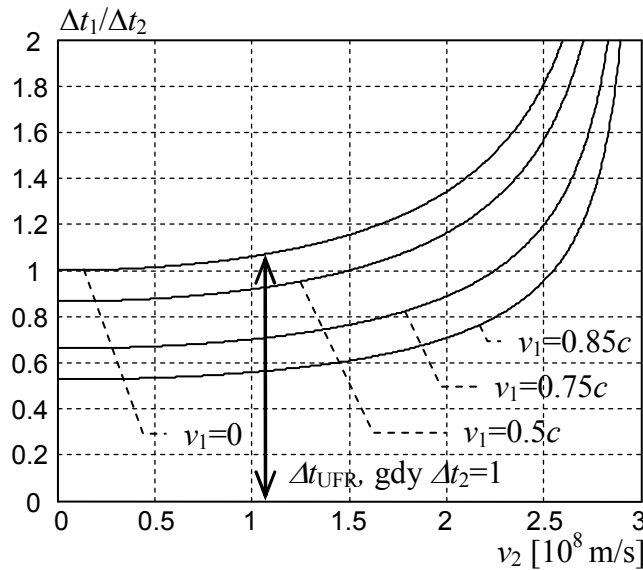
Rozważmy dwa układy U_1 oraz U_2 poruszające się w eterze, odpowiednio z prędkościami v_1 oraz v_2 , w tym samym kierunku. W układzie U_2 zachodzą dwa zdarzenia, odpowiednio w chwilach t_2^A oraz t_2^B . W układzie U_1 , zgodnie z (43), chwile zajścia tych zdarzeń wyniosą

$$t_1^A = \frac{\sqrt{1 - (v_1/c)^2}}{\sqrt{1 - (v_2/c)^2}} t_2^A \quad (50)$$

$$t_1^B = \frac{\sqrt{1 - (v_1/c)^2}}{\sqrt{1 - (v_2/c)^2}} t_2^B \quad (51)$$

Po odjęciu stronami (51) oraz (50) otrzymamy odstęp czasu Δt_1 pomiędzy zdarzeniami widziany z układu U_1

$$\Delta t_1 = t_1^B - t_1^A = \frac{\sqrt{1 - (v_1/c)^2}}{\sqrt{1 - (v_2/c)^2}} (t_2^B - t_2^A) \quad (52)$$



Rys. 7. Skrócenie czasu z U_2 widziane w układzie U_1 o zadanej stałej prędkości v_1 .

Ponieważ

$$\Delta t_2 = t_2^B - t_2^A \quad (53)$$

dlatego wzór na dylatację czasu wyrażony od prędkości bezwzględnych w postaci ma postać

$$\Delta t_1 = \frac{\sqrt{c^2 - v_1^2}}{\sqrt{c^2 - v_2^2}} \Delta t_2 \quad (54)$$

Na rysunku 7 przedstawiona została dylatacja czasu (54) w funkcji zmiennej prędkości v_2 , gdy układ U_1 ma stałą prędkość v_1 .

Gdy układ U_1 jest nieruchomy względem UFR (czyli $v_1 = 0$), wtedy wzór (54) na dylatację czasu przyjmuje identyczną postać jak wzór na dylatację czasu ze Szczególnej Teorii Względności

$$\Delta t_{\text{UFR}} = \frac{1}{\sqrt{1 - (v_2/c)^2}} \Delta t_2 \quad (55)$$

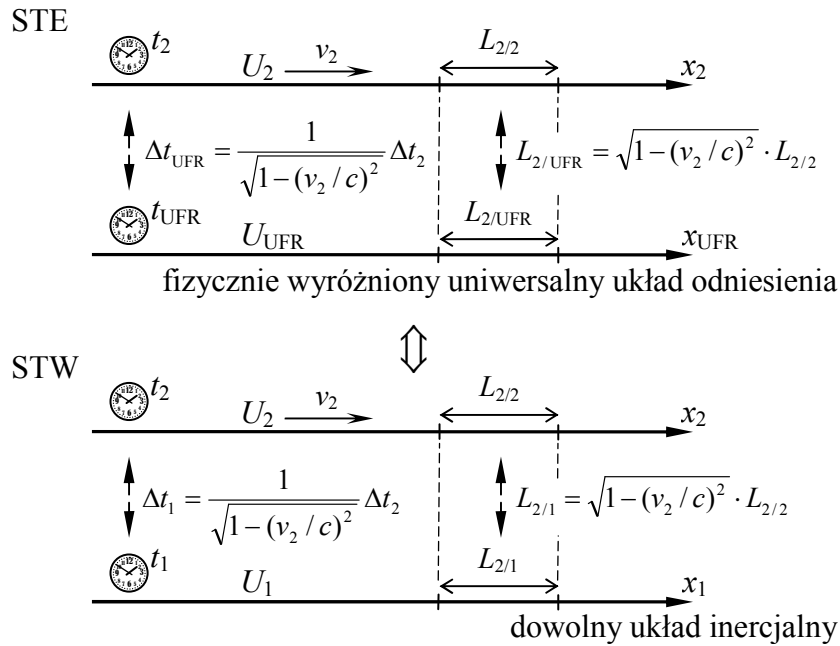
Wynika stąd, że w STE dylatacja czasu jest identyczna jak w STW, ale tylko dla obserwatora nieruchomego względem UFR.

Z zależności (54) wynika, że jednoczesność zdarzeń w STE jest absolutna. Zachodzi bowiem

$$\Delta t_2 = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta t_1 = 0 \quad (56)$$

8. Podobieństwa i różnice pomiędzy STW oraz STE

Przewidywania Szczególnej Teorii Względności oraz Szczególnej Teorii Eteru są bardzo podobne. Jeżeli w STE obserwator jest nieruchomy względem eteru, wtedy przewidywania STE są identyczne jak przewidywania dla dowolnego obserwatora w STW. Wynika to, np. z zależności (37), (49) oraz (55) - rysunek 8.



Rys. 8. Podobieństwa pomiędzy STW oraz STE.

Różnice pomiędzy teoriami występują wtedy, gdy w STE obserwator porusza się względem eteru. Dlatego istnieje możliwość eksperymentalnej falsyfikacji STE w przyszłości. W STW

wszystkie układy inercjalne są równoważne, czyli nie istnieje uniwersalny układ odniesienia. Z tego powodu według STW nie jest możliwe zmierzenie prędkości bezwzględnej przy pomocy lokalnego pomiaru. Oznacza to, że dla każdego obserwatora przestrzeń jest całkowicie izotropowa (ma takie same własności w każdym kierunku). Natomiast według STE obserwator może przy pomocy lokalnego pomiaru (czyli, gdy jest całkowicie odizolowany od otoczenia) wyznaczyć kierunek swojego ruchu względem eteru. Oznacza to, że dla obserwatorów ruchomych względem eteru przestrzeń nie jest izotropowa (ma różne własności w różnych kierunkach). To jest najważniejsza różnica pomiędzy Szczególną Teorią Względności oraz Szczególną Teorią Eteru.

Eksperymentalna falsyfikacja STE nie jest łatwa, ze względu na małą prędkość jaką posiada Układ Słoneczny względem eteru. W artykule [8] prędkość ta została oszacowana na $369,3 \text{ km/s} = 0,0012 c$. Dla takiej małej prędkości efekty nie-izotropowości przestrzeni przewidywane przez STE są bardzo nieznaczne. Dlatego falsyfikacja tej teorii wymaga specjalnie zaprojektowanych eksperymentów i wykonanie ich z odpowiednio dużą dokładnością.

Wnioski końcowe

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. Z wyprowadzonych transformacji (25)-(26) oraz (27)-(28) 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.

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.

W pracy [7] 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)-(29). 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 pojęcie masy, energii kinetycznej oraz pędu.

Na podstawie przedstawionej kinematyki można w naturalny sposób wytłumaczyć anizotropię mikrofalowego promieniowania tła, która jest szczegółowo omówiona w artykule [9]. Pozwala to wyznaczyć prędkość z jaką Układ Słoneczny porusza się względem uniwersalnego układu odniesienia, czyli $369,3 \text{ km/s}$. Zostało to pokazane w pracach [6] oraz [8].

Eksperymenty Michelson'a-Morley'a oraz Kennedy'ego-Thorndike'a były wykonywane wielokrotnie przez różne zespoły. 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] 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.
- [4] 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).
- [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.
Szostek Karol, Szostek Roman, *Special Theory of Ether* (w języku angielskim). Publishing house AMELIA, Rzeszow, Poland 2015, ISBN 978-83-63359-81-2.
- [8] Szostek Karol, Szostek Roman, *The derivation of the general form of kinematics with the universal reference system* (w języku angielskim: *Wyprowadzenie ogólnej postaci kinematyki z uniwersalnym układem odniesienia*), Results in Physics, Volume 8, 2018, 429-437, ISSN: 2211-3797, <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2017.12.053>.
- [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.