

Pabjan, Tadeusz

George'a Fitzgeralda hipoteza "kontrakcji"

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 55/2, 189-205

2010

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



Tadeusz Pabjan

Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych
Kraków

GEORGE'A FITZGERALDA HIPOTEZA „KONTRAKCJI”

Tradycja kwestionowania poprawności szczególnej teorii względności nie cieszy się dobrą sławą w świecie naukowym. Publikacje autorów, którzy w swoich tekstach dowodzą, że teoria Einsteina nie jest słuszna, są zazwyczaj przez uczonych całkowicie ignorowane, a ich samych najczęściej zalicza się do grona nieszkodliwych maniaków, którzy na poparcie swoich tez nie mają żadnych naukowych argumentów, a jedynie własne, niczym nieuzasadnione pomysły. Prawdziwy problem pojawia się wtedy, gdy o potrzebie ponownego rozpatrzenia zasad, leżących u podstaw szczególnej teorii względności, pisze fizyk tej klasy, co John S. Bell, autor jednego z najważniejszych twierdzeń, dotyczących problemu interpretacji mechaniki kwantowej. Jedną z istotnych konsekwencji twierdzenia Bella (a dokładniej: stwierdzonego empirycznie naruszenia *nierówności Bella*) jest nielokalny charakter kwantowej – a pośrednio, również makroskopowej¹ – rzeczywistości. W powszechnym przekonaniu, nielokalność nie jest sprzeczna z podstawowymi założeniami szczególnej teorii względności, ponieważ na poziomie makroskopowym przejawia się ona jedynie w postaci odpowiednich korelacji i nie umożliwia przesyłania sygnałów fizycznych z prędkością większą od prędkości światła.

Czy tak jest rzeczywiście? John S. Bell – którego opinię na ten temat z oczywistych powodów należy potraktować szczególnie poważnie – w swoich publikacjach wielokrotnie podkreślał, że konflikt ze szczególną teorią względności nie jest w tym przypadku pozorny, i że jego wyjaśnienie domaga się poważnego

potraktowania i ponownego rozpatrzenia tej teorii względności, która istniała przed Einsteinem, a w której występował eter – uprzywilejowany układ odniesienia². W tego typu układzie nielokalność faktycznie mogłaby przejawiać się w postaci przyczynowych oddziaływań, które propagują się szybciej od światła³. W jednym z wywiadów Bell mówił na ten temat:

„Moim zdaniem autorzy podręczników fizyki nie wyjaśniają dostatecznie jasno, że stanowisko Lorenza, Poincarégo, Larmora i FitzGeralda, które przyjęli przed publikacją pracy Einsteina, było wewnętrznie spójne i nie jest bynajmniej sprzeczne z teorią względności. Można przyjąć, że eter istnieje, skrócenie FitzGeralda i dylatacja Lorenza zachodzą naprawdę i dlatego nie możemy wykręć ruchu względem eteru – to jest doskonale spójne wewnętrznie stanowisko”⁴.

Jak wiadomo, podejście Einsteina zostało zaakceptowane przez świat naukowy ze względu na swą prostotę. Nie bez znaczenia były też racje o charakterze filozoficznym: jeśli eteru nie można w żaden sposób zaobserwować, to należy uznać, że w ogóle nie istnieje. W świetle twierdzenia Bella powrót do koncepcji eteru, pozwalającej na przyczynowe wyjaśnienie nielokalnych korelacji pomiędzy oddalonymi układami, wydaje się jednakże bardzo atrakcyjną ewentualnością.

Celem niniejszego artykułu jest bliższe przedstawienie chronologicznie pierwszej idei, stanowiącej trzon „teorii względności” sprzed roku 1905, o której wspomina Bell. Ideą tą jest pomysł irlandzkiego fizyka, George’a Francisa FitzGeralda⁵, pozwalający na wyjaśnienie negatywnego wyniku znanego eksperymentu Michelsona-Morley’a, poprzez odwołanie się do zjawiska, polegającego na wzdlużnym skróceniu poruszającego się ciała. Efekt ten, rozwinięty i dopracowany matematycznie przez Hendrika Antona Lorentza, znany jest obecnie jako „kontrakcja Lorentza-FitzGeralda”.

1. PROBLEM ETERU

Historia sporu o eter jest długa i zawiła⁶. Początków idei ośrodka, wypełniającego w sposób jednolity cały Wszechświat, można doszukiwać się już w starożytnej, a następnie średniowiecznej, filozofii, jednakże dopiero narodziny nowożytnej nauki przyczyniły się do faktycznego rozwoju tej koncepcji. Wraz z powstaniem mechaniki Newtona, a następnie elektrodynamiki Maxwella, eter przestał być jedynie abstrakcyjną ideą filozoficzną i stał się jednym z kluczowych elementów teorii grawitacji oraz elektromagnetyzmu. Zarówno w teorii Newtona, jak i Maxwella, eter występował w charakterze ośrodka, który pośredniczy w przekazywaniu określonego oddziaływania. W przypadku teorii Newtona było to oddziaływanie grawitacyjne, w przypadku teorii Maxwella – elektromagnetyczne. Ponieważ historia sporu o eter – zwłaszcza te jej rozdziały, które przypadają na koniec XIX i początek XX w. – dotyczy przede

wszystkim teorii elektromagnetyzmu, na potrzeby niniejszego opracowania można poprzestać jedynie na analizie tej ostatniej teorii, pomijając te wątki, które dotyczą grawitacji (zarówno w wydaniu Newtona, jak i Einsteina).

W XIX w. wiedzano już o falowej naturze światła i innych postaci oddziaływania elektromagnetycznego. Ponieważ każdy inny, znany w fizyce, rodzaj fali (np. fali dźwiękowej lub fali powstającej na wodzie) wyjaśniano jako przemieszczające się zaburzenie określonego ośrodka (np. powietrza lub wody), to samo wyjaśnienie odniesiono również do fali elektromagnetycznej. Uznano zatem, że musi istnieć ośrodek – eter – w którym propaguje się ten rodzaj oddziaływania. W dyskusjach najczęściej odwoływano się do światła, które jest najbardziej znaną i najprostszą do zaobserwowania formą fali elektromagnetycznej; aby uprościć argumentację, w dalszych analizach niniejszego artykułu zostanie zastosowana właśnie ta konwencja.

Kiedy fizycy przekonali się, że prędkość światła nie jest nieskończona, i że zmienia się w zależności od ośrodka, w którym światło się propaguje, odpowiednie obliczenia pozwoliły stwierdzić, że eter musi być nieruchomym, bardzo lekkim, sztywnym i drgającym sprężystym ciałem stałym, które przenika wszystkie znane postaci materii, i jest również obecne w próżni, z definicji pozbawionej materii. Posiadający takie własności *kosmiczny* eter – przymiotnik ten wskazywał na wszechobecność eteru, który w sposób jednolity wypełnia całą przestrzeń Wszechświata – nie był jedynie ośrodkiem umożliwiającym propagację fal świetlnych. Równie ważną jego funkcją było to, że stanowił on absolutny układ odniesienia, względem którego można było określać „rzeczywisty” ruch ciał. Jak wiadomo, jakkolwiek ruch przedmiotu na planecie Ziemi określany jest względem jej powierzchni i wszelkie pomiary prędkości tego ruchu pozwalają określić jedynie jego względną prędkość. Ziemia – wraz z poruszającymi się na jej powierzchni obiektami – wiruje ponadto wokół swojej osi, a także porusza się w ruchu rocznym wokół Słońca a wraz ze Słońcem wokół centrum Drogi Mlecznej, zaś wraz z Drogą Mleczną wokół centrum lokalnej gromady galaktyk itd. Określenie absolutnej, to znaczy „rzeczywistej” prędkości ruchu Ziemi (a pośrednio – wszystkich obiektów, poruszających się na jej powierzchni) staje się niemożliwe bez ustalenia układu odniesienia, o którym wiadomo, że jest absolutnie nieruchomy. Właśnie takim układem odniesienia stał się eter.

Prawdziwy problem polegał jednakże na tym, iż istnienia eteru nie potwierdzało jednoznacznie żadne doświadczenie, co oznaczało, że koncepcja absolutnego spoczynku i absolutnego układu odniesienia – wymagana przez dynamikę Newtona i elektrodynamikę Maxwella – opiera się na czystej spekulacji. Nie ulegało wątpliwości, że jest to istotna słabość całej fizyki klasycznej. Nic dziwnego, że XIX-wieczni fizycy uznali, iż należy znaleźć sposób na to, by eksperymentalnie wykazać, że eter rzeczywiście istnieje. Najbardziej znanym tego typu

doświadczeniem stał się eksperyment Alberta Michelsona i Edwarda Morley'a, przeprowadzony przez tych fizyków w latach 1881 i 1887⁷, a następnie wielokrotnie powtarzany przez innych uczonych.

Podstawowa idea tego doświadczenia jest następująca: jeśli Ziemia porusza się w swoim rocznym ruchu wokół Słońca, a przestrzeń kosmiczną wypełnia nieruchomy eter, to należy oczekiwać, że „wiatr” eteru, analogiczny do wiatru, odczuwanego podczas biegu w nieruchomej masie powietrza, spowalnia prędkość światła, wysyłanego z Ziemi w kierunku zgodnym z jej ruchem. Aby stwierdzić tego typu spowolnienie, należy porównać ze sobą czas, potrzebny światłu na pokonanie odcinka o takiej samej długości, gdy kierunek jego propagacji jest zgodny z kierunkiem ruchu Ziemi i prostopadły do tego kierunku. Pomimo tego, że doświadczenie Michelsona-Morley'a powtarzano wielokrotnie w różnych układach i konfiguracjach, nigdy nie stwierdzono, by prędkość światła, mierzona w jednym z dwu prostopadłych kierunków, różniła się od prędkości mierzonej w drugim kierunku. Negatywny wynik tego eksperymentu stanowił mocny argument za tym, że albo eter w ogóle nie istnieje, albo – w najlepszym przypadku – istnieje, ale z niewiadomych powodów jest przytwierdzony do Ziemi, która „wlecz” go za sobą w swoim rocznym ruchu wokół Słońca. Zarówno w pierwszym, jak i drugim przypadku nie można mówić o absolutnym układzie odniesienia oraz absolutnym ruchu oraz spoczynku ciał.

Na początku roku 1889 – w dwa lata po drugim eksperymencie Michelsona-Morley'a – problem eteru, którego nie zdołały wykryć przeprowadzone doświadczenia, był jednym z najczęściej dyskutowanych zagadnień, który wydawał się bezpośrednio zagrażać teorii Maxwella. Za istnieniem eteru przemawiała aberracja światła gwiazd⁸; dla fizyków stanowiła ona argument za tym, że eter jest nieruchomy, i że Ziemia swobodnie się w nim porusza. Przeciwno tej hipotezie przemawiały wyniki przeprowadzonego dwukrotnie doświadczenia z interferometrem Michelsona-Morley'a. Nic dziwnego, że problem eteru interesowali się niemal wszyscy fizycy tego okresu. Oprócz FitzGerala, który w 1888 r. aż trzykrotnie poruszał ten temat na spotkaniach Royal Dublin Society, szczególne znaczenie dla analizowanego zagadnienia miały prace dwu fizyków, o których będzie mowa w dalszej części artykułu: Oliviera Heaviside'a oraz Oliviera Lodge'a. Wskazywali oni w swoich publikacjach, że wyniki doświadczeń zdają się dowodzić, iż dobrze potwierdzone prawa optyki i elektromagnetyzmu pozostają względem siebie w sprzeczności, i że interpretację tych wyników należy traktować jako jeden z kluczowych problemów teorii Maxwella⁹. Jednym z częstych tematów dyskusji i publikacji Heaviside'a i Lodge'a, a także innych fizyków tego okresu, była wspomniana hipoteza „wleczenia eteru”, zgodnie z którą poruszające się ciało, takie jak planeta Ziemia, unosi ze sobą eter bezpośrednio przylegający do jego powierzchni. Pomysłem tym interesował się zwłaszcza Lodge, który w latach 1890–1893 nosił się nawet z zamiarem zbudowania specjalnego urządzenia i przeprowadzania eksperymentów, mających na

celu znalezienie dowodów na występowanie efektu „włoczenia eteru”¹⁰. Dowody nie zostały znalezione, ale prace Lodge'a przyczyniły się do tego, że problem eteru przez wiele lat dostarczał fizykom frapujących tematów do dyskusji.

2. OKOLICZNOŚCI SFORMUŁOWANIA HIPOTEZY FITZGERALDA

Pomysł FitzGerala, by negatywny wynik doświadczenia Michelsona-Morley'a wyjaśnić, odwołując się do kontrakcji (skrócenia długości) poruszającego się obiektu, zrodził się w roku 1889. Bezpośrednim impulsem, który nasunął FitzGeraldowi tę hipotezę, była lektura jednego z artykułów wspomnianego już angielskiego fizyka, Oliviera Heaviside'a, w którym autor wykazywał, że ruch naładowanych cząstek ma bezpośredni wpływ na otaczające te cząstki pole elektromagnetyczne¹¹. Pole to ulega zniekształceniu, ale zniekształcenie dotyczy jedynie tych składowych pola, które wyznacza kierunek ruchu cząstki. Co warto podkreślić, w rachunkach Heaviside'a po raz pierwszy pojawił się współczynnik kontrakcji

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}};$$

ten sam, który później został wyprowadzony przez Lorentza, i który znalazł się we wzorach szczególnej teorii względności. FitzGerald, który już wcześniej prowadził z Heavisidem ożywioną korespondencję¹², w styczniu 1889 r. napisał do niego list, w którym zasugerował, że odkryte zniekształcenie pola elektromagnetycznego mogłoby zostać zastosowane do „teorii sił pomiędzy molekułami”¹³ ciała stałego. Heaviside nie dostrzegł jednakże w tej sugestii niczego, co byłoby warte większej uwagi¹⁴. FitzGerald, tak samo jak każdy inny fizyk tej epoki, mógł jedynie przypuszczać – nie mając na to żadnych dowodów – że oddziaływanie międzycząsteczkowe w ciałach stałych jest w rzeczywistości oddziaływaniem o charakterze elektromagnetycznym¹⁵. Ale naukowa intuicja podpowiadała mu, że tak jest faktycznie. W świetle wyniku, uzyskanego przez Heaviside'a, przypuszczenie to należało interpretować w taki sposób, że ruch ciała powoduje odkształcenie pól elektromagnetycznych wszystkich molekuł, składających się na to ciało. To zaś powinno skutkować zmianą kształtu samego ciała.

Swoją hipotezę FitzGerald opublikował – bez wyraźnego odniesienia do pracy Heaviside'a – w maju tego samego, 1889, roku, w stosunkowo mało znanym czasopiśmie „Science”¹⁶. Z uwagi na znaczenie tego tekstu warto przytoczyć jego zasadniczy fragment:

„Przeczytałem z wielkim zainteresowaniem o wspaniale zaprojektowanym eksperymencie Panów Michelsona i Morley'a, w którym podjęto próbę rozstrzygnięcia ważnego problemu, dotyczącego tego, czy Ziemia unosi ze sobą eter.

Uzyskany wynik wydaje się pozostawać w sprzeczności z innymi eksperymentami, zgodnie z którymi wypełniający powietrze eter może być unoszony [przez Ziemię], ale tylko w nieznacznym stopniu. Chciałbym zasugerować, że prawdopodobnie jedyną hipotezą, mogącą wyjaśnić tę rozbieżność, jest ta, zgodnie z którą długość ciał materialnych ulega zmianie podczas ich ruchu przez eter, o wielkość zależną od kwadratu stosunku ich prędkości do prędkości światła. Wiemy, że na siły elektryczne ma wpływ ruch naładowanych ciał względem eteru, i dlatego nie jest nieprawdopodobnym przypuszczeniem to, że ruch ten wpływa na siły [między]cząsteczkowe, i że w konsekwencji zmienia się rozmiar ciała.”¹⁷

Jak widać, pomysł FitzGeralda sprowadza się do idei, zgodnie z którą długość ciała (mierzona w kierunku ruchu) nie jest wielkością stałą, ale pewną funkcją prędkości, z jaką ciało się porusza, zaś współczynnikiem, określającym stosunek długości ciała w spoczynku i w ruchu, jest „kwadrat stosunku ich prędkości do prędkości światła”. Negatywny wynik doświadczenia Michelsona-Morley’a można zatem – zgodnie z tą ideą – wyjaśnić bez odrzucania koncepcji eteru i bez zakładania, że eter jest unoszony przez Ziemię, przyjmując jedynie hipotezę skrócenia poruszającego się ciała. To właśnie ten efekt wystarcza do tego, by wyjaśnić, dlaczego autorzy analizowanego doświadczenia nie zdołali wykazać spowolnienia światła biegnącego pod prąd eteru. Długość wszystkich elementów interferometru, zastosowanego przez Michelsona i Morley’a, uległa bowiem skróceniu wzdłużnemu (elementy skróciły się w takiej samej proporcji, ale jedynie w kierunku, wyznaczonym przez ruch Ziemi, unoszącej interferometr), uniemożliwiając zarejestrowanie zmiany prędkości światła.

Publikacja FitzGeralda, mająca formę krótkiego listu do redakcji, praktycznie nie została zauważona w świecie naukowym (na jej rangę zwrócił uwagę dopiero w roku 1967 Steven G. Brush¹⁸), i nawet sam jej autor nie był pewien, czy ukazała się w druku¹⁹. Niewykluczone, że to właśnie z tego powodu nigdy do tej publikacji się nie odwoływał, preferując – szczególnie w latach 1889–1892 – inne sposoby promocji idei deformacji poruszających się ciał: wykłady, dyskusje i osobistą korespondencję z innymi fizykami. Swoją myśl przedstawił między innymi wspomnianemu już fizykowi, Olivierowi Lodge, którego odwiedził w jego domu w Liverpoolu wiosną 1889 r., niedługo po wysłaniu listu do redakcji „Science”²⁰. Wielu autorów – należy do nich m.in. wspomniany we wstępie John S. Bell²¹ – powołuje się na publikacje Bruce’a Hunta, w których autor dowodzi, że FitzGerald wpadł na pomysł, dotyczący kontrakcji poruszających się przedmiotów, właśnie podczas tej wizyty²². Głównym argumentem Hunta są teksty Lodge’a, zawierające dokładny opis tego spotkania²³, podczas którego „wspaniałe skojarzenie [...] zabłysło”²⁴ w głowie FitzGeralda. Przeciwno takiej chronologii wydarzeń przemawia treść wspomnianego wcześniej listu FitzGeralda do Heavisida’a, która wyraźnie sugeruje, że idea skracania

poruszających się obiektów zaprzętała umysł FitzGeralda już przed jego wizytą u Lodge'a.

Kolejności zdarzeń, podanej przez Hunta, nie potwierdzają również opinie innych autorów²⁵, a on sam osłabia swoją własną hipotezę, pisząc o skłonności Lodge'a do ubarwiania relacji, dotyczących wspomnianej wizyty: „Lodge opisał później to zdarzenie przynajmniej cztery razy, za każdym razem rozszerzając opis – od jednego zdania w nekrologu FitzGeralda, napisanym w roku 1901, do pełnej strony w autobiografii z roku 1931, wypełnionej dosłownymi cytatami. Opisy są coraz bardziej rozbudowane, ale jednocześnie stają się mniej rzetelne, i dlatego niekiedy trudno odróżnić oryginalne koncepcje FitzGeralda od późniejszych dodatków Lodge'a”²⁶. Przywołany cytat podważa wiarygodność Lodge'a – wiele wskazuje na to, że autor ten uległ pokusie wprowadzenia do własnych wspomnień epizodu, z którego wynikało, że to właśnie w jego obecności i pod wpływem jego argumentów, znany fizyk wpadł na genialny pomysł.

Jeśli chodzi o samą ideę FitzGeralda, dotyczącą kontrakcji poruszających się przedmiotów, to w jednym z artykułów z roku 1892 Lodge określił ją jako tę, zgodnie z którą „rozmiar ciał jest funkcją ich prędkości w eterze”²⁷. Rok później tę samą myśl Lodge sprecyzował w innej publikacji, stwierdzając w niej, że – zgodnie z koncepcją FitzGeralda – rozmiar ciał „może być funkcją ich kierunku ruchu przez eter; i w związku z tym inaczej zmienia się długość, a inaczej szerokość, podstawy urządzenia Michelsona”²⁸, na której został zamontowany interferometr, służący do porównywania prędkości światła, biegnącego równoległe i prostopadle do kierunku wiatru eteru.

Drugi ze wspomnianych artykułów Lodge'a przeczytał holenderski fizyk Hendrik A. Lorentz, który dzięki tej publikacji zapoznał się z ideą FitzGeralda. Okazało się, że Lorentz sam pracował nad tym samym zagadnieniem w ramach własnej teorii elektronowej budowy materii. W roku 1892 odkrył on – niezależnie od FitzGeralda²⁹ – że będące w ruchu obiekty ulegają skróceniu wzdłużnemu, i wykazał, że efekt ten można wyjaśnić, odwołując się do elektrodynamiki Maxwella oraz do założenia, dotyczącego elektromagnetycznego charakteru wiązań międzycząsteczkowych³⁰. Po zapoznaniu się z artykułem Lodge'a, na początku listopada 1894 r. Lorentz napisał list do FitzGeralda, z zapytaniem, czy ten zdażył już opublikować swój pomysł. W odpowiedzi datowanej na 14 listopada FitzGerald oznajmił, że oprócz noty, wysłanej do „Science”, nie pamięta, by cokolwiek pisał na ten temat; wyraził jednocześnie swoją radość z tego powodu, że Lorentz pracował nad tym samym zagadnieniem:

„Jestem pewien, że Pańska publikacja jest wcześniejsza od którejkolwiek z moich drukowanych publikacji [...]. Jestem szczególnie uszczęśliwiony tym, że Pan zgadza się ze mną, ponieważ tutaj jestem raczej wyśmiewany z racji mojej idei. Nie zdołałem nawet przekonać mojego byłego studenta, W. Prestona, by włączył tę uwagę do swojej książki o świetle, wydanej w roku 1890 [*The*

Theory of Light], chociaż nalegałem na niego, żeby to zrobił, a jedynie dzięki wielokrotnym namowom skłoniłem Dra Lodge'a, aby wspomniał o niej w swoim artykule; ale teraz – ponieważ mogę traktować Pana jako mojego adwokata i autorytet – przekazuję tę ideę innym, by mogli dalej ją rozwijać.”³¹

Po otrzymaniu tego listu, Lorentz umieścił przypis w przygotowywanej przez siebie książce, dotyczącej oddziaływań elektromagnetycznych, w którym zaznaczył, że hipotezę kontrakcji sformułował niezależnie od niego FitzGerald³². To właśnie dzięki temu idea ta znana jest obecnie pod nazwą „kontrakcji Lorentza-FitzGerala”. Głosi ona, że poruszające się ciało ulega skróceniu wzdłużnemu, a wielkość tego skrócenia jest proporcjonalna do prędkości ciała; jeśli prędkość ta oznaczona jest przez v , a prędkość światła przez c , to współczynnik kontrakcji wyraża się wzorem

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Należy zaznaczyć, że wyjaśnienie Lorentza-FitzGerala nie rozwiązuje całkowicie problemu, związanego z doświadczeniem Michelsona-Morley'a. Sama idea skrócenia długości poruszającego się ciała wystarcza do wytłumaczenia negatywnego wyniku jedynie oryginalnej wersji eksperymentu Michelsona-Morley'a, w której promień światła, biegnący w prostopadłych do siebie kierunkach, ma do pokonania drogi o równej długości. Żeby wyjaśnić negatywny wynik doświadczenia, w którym światło musi pokonać drogi nie o identycznej, ale o różnej długości³³, należy dodatkowo uwzględnić efekt dylatacji czasu. Efekt ten po raz pierwszy przewidział w roku 1897 inny irlandzki fizyk, Joseph Larmor³⁴. Wykazał on, że okres każdego dynamicznego układu – analizy Larmora dotyczyły orbitujących elektronów, ale wniosek okazał się ogólnie słuszny – zmienia się pod wpływem ruchu tego układu. Kontrakcja Lorentza-FitzGerala, połączona z dylatacją Larmora, wyjaśniają negatywny wynik doświadczenia Michelsona-Morley'a nawet wtedy, gdy drogi promieni świetlnych, które spotykają się w interferometrze, nie są tej samej długości.

3. POMIĘDZY „DEFORMACJĄ” I „KONTRAKCJĄ”

W dotychczasowych analizach hipoteza FitzGerala formułowana była najczęściej przy pomocy znanego ze szczególnej teorii względności i intuicyjnie oczywistego terminu „kontrakcja”. Chociaż w większości opracowań stosuje się tego typu skrót myślowy, należy wyraźnie zaznaczyć, że jest to pewna nieścisłość, ponieważ oryginalny pomysł FitzGerala w rzeczywistości nie dotyczył „kontrakcji” lub „skrócenia” poruszającego się ciała, ale raczej jego „deformacji”. Nie ulega wątpliwości, że pomiędzy „skróceniem” i „deformacją” zachodzi

istotna różnica: w przypadku deformacji objętość ciała nie ulega zmianie, podczas gdy skrócenie zawsze wiąże się ze zmianą (zmniejszeniem) tej objętości. Co prawda, wielu autorów przyjmuje interpretację Hunta, który stwierdza, że „nie ma żadnego powodu, by sądzić, że pomysł, który go [FitzGeralda] olśnił w domu Lodge'a, dotyczył czegokolwiek innego, jak tylko prostej kontrakcji”³⁵. Tak sformułowany wniosek wydaje się jednak w istotny sposób upraszczać cały problem.

Należy zaznaczyć, że na oznaczenie zmiany, zachodzącej w ciałach pod wpływem ich ruchu, FitzGerald nigdy nie używał – również w osobistej korespondencji z Lorentzem i Larmorem – terminów takich jak „kontrakcja” czy „skrócenie”. Stosowane przez niego pojęcia nie miały jeszcze charakteru terminów technicznych, i dlatego nawet wtedy, gdy mówił o „zmianie długości poruszających się ciał”, miał na myśli raczej wymuszone ruchem „zniekształcenie ciała” lub „zmiianę rozmiaru ciała” niż to, co obecnie rozumie się pod pojęciem „kontrakcji”³⁶. Harvey Brown wykazuje, że ten brak terminologicznej precyzji FitzGeralda można – z punktu widzenia teorii względności – usprawiedliwić tym, że negatywny wynik doświadczenia Michelsona-Morley'a w rzeczywistości nie domaga się zakładania wyłącznie wzdłużnego skrócenia podstawy interferometru, ale może być wyjaśniony również przez inną deformację kształtu tej podstawy³⁷.

Warto w tym miejscu jeszcze raz odwołać się do pierwszego komentatora hipotezy FitzGeralda, to znaczy do Lodge'a. W dwu różnych publikacjach, zawierających wspomnienia, dotyczące wizyty FitzGerald z roku 1889³⁸, autor ten zaznacza, że irlandzki fizyk zgodził się wówczas z jego własną sugestią, iż efektem, który wyjaśnia negatywny wynik doświadczenia Michelsona-Morley'a, jest „zwykle zniekształcenie” podstawy interferometru. Bork zauważa, że jest bardzo prawdopodobne, iż Lodge w tym miejscu „przedstawia swój własny pogląd”³⁹, a nie opinię, z którą zgadzał się FitzGerald. Za słusznością tego wniosku (który można potraktować jako kolejny argument za tym, że relacji Lodge'a nie należy przyjmować bezkrytycznie) przemawia to, że Lodge w rzeczywistości był przekonany, iż nie jest możliwe inne zniekształcenie ciała, jak tylko takie, w którym zostaje zachowana jego objętość⁴⁰. Nie byłoby zatem nic dziwnego w tym, gdyby w usta FitzGeralda próbował włożyć słowa zgodne z własnymi przekonaniem.

Interesujący, choć mało wiarygodny, argument za tym, że FitzGerald rozumiał deformację ciała nie inaczej, ale właśnie jako relatywistyczną kontrakcję, czyli skrócenie długości, sformułował niedawno jeden z dalekich krewnych irlandzkiego fizyka – Frank Boring FitzGerald⁴¹. Zdaniem tego autora, FitzGerald został zapytany podczas jednego z prowadzonych przez siebie wykładów – zdarzenie to miało mieć miejsce pomiędzy rokiem 1889 i 1892 – o to, jak należy rozumieć jego hipotezę deformacji ciał. W odpowiedzi „odniósł się on do swojej [hipotezy] deformacji jako do kontrakcji”. Jest to dowód na to, że

w poglądach FitzGeralda „miało miejsce przejście od deformacji do kontrakcji, które dokonało się pomiędzy rokiem 1889 i 1892”⁴². Niestety, wiarygodności tego wniosku nie potwierdza to, że jego autor nie podaje źródła, z którego dowiedział się o wspomnianym zdarzeniu, i za wszelką cenę próbuje w swoim artykule wykazać, że to właśnie FitzGeraldowi należy się palma pierwszeństwa, gdy chodzi o sformułowanie podstawowych idei, które Einstein włączył później do szczególnej teorii względności⁴³.

4. HIPOTEZA WYMYŚLONA *AD HOC*?

Po roku 1905, w którym została opublikowana słynna praca Einsteina, dająca początek szczególnej teorii względności⁴⁴, fizycy niemal jednogłośnie uznali, że hipoteza Lorentza-FitzGeralda, dotycząca kontrakcji poruszających się ciał, była słuszną ideą, choć opartą na błędnym rozumowaniu. Twórca teorii względności, uznając wszystkie dotychczasowe próby wyjaśnienia zaistniałych trudności z eterem za niesatysfakcjonujące, wyprowadził bowiem tę ideę bezpośrednio ze szczególnej zasady względności (zgodnie z którą wszystkie prawa fizyki mają taką samą postać we wszystkich układach inercjalnych), uzupełnionej o postulat stałej i nieprzekraczalnej prędkości światła. Kinematyczne przekształcenia współrzędnych przestrzennych i czasu, uzyskane w wyniku zastosowania tych dwu zasad, okazały się identyczne z tymi, które kilka lat wcześniej otrzymał Lorentz⁴⁵. Teoria względności w krótkim czasie odniosła ogromny sukces i nic dziwnego, że wszystkie wcześniejsze rozwiązania, dotyczące kłopotliwego problemu eteru, fizycy uznali za hipotezy, które nie posiadają żadnego, a w każdym razie przekonującego, uzasadnienia. Należy zaznaczyć, że opinię tę podzielał również sam Einstein, który kontrakcję Lorentza-FitzGeralda określał mianem „hipotezy wymyślonej *ad hoc*”⁴⁶. Jednak jeśli pamięta się o tym, że zarówno szczególna zasada względności, jak i zasada stałej prędkości światła mają w rzeczywistości status postulatu⁴⁷, to deprecjonowanie wyjaśnienia Lorentza-FitzGeralda, jako tego, które rzekomo nie jest dostatecznie uzasadnione, wydaje co najmniej niesłuszne. W roku 1905, w którym została sformułowana szczególna teoria względności, FitzGerald już nie żył, i nie mógł osobiście ustosunkować się do tego zarzutu, ale należy się domyślać, że jego odpowiedź byłaby analogiczna do tej, której udzielił Lorentz, gdy w prywatnej korespondencji z roku 1915 pisał do Einsteina:

„Wiedziałem, że jest potrzebna bardziej ogólna teoria, którą później próbowałem rozwinąć, a którą ostatecznie Pan sformułował. Moje podejście nie było jednakże tak straszliwie niesatysfakcjonujące. Gdy brakuje ogólnej teorii, można cieszyć się wyjaśnieniem [nawet] jednego faktu, jeśli tylko wyjaśnienie to nie jest sztuczne. A interpretacja, zaproponowana przeze mnie i FitzGeralda,

nie była sztuczna. I nie była taka tym bardziej, że stanowiła jedyną możliwą interpretację. Ja zaś dodałem komentarz, że hipotezę [kontrakcji] można uzyskać pod warunkiem, że zastosuje się do innych sił to, co można już było powiedzieć o wpływie przesunięcia na siły elektrostatyczne. Gdybym to bardziej podkreślił, hipoteza ta wydawałaby się w mniejszym stopniu wymyślona *ad hoc*.”⁴⁸

Nie ulega wątpliwości, że uwaga Lorentza jest trafna: idea kontrakcji poruszających się obiektów nie pojawiła się u FitzGeralda i Lorentza jak *deus ex machina*, i w niniejszym artykule zostały już przedstawione argumenty za słusnością tego wniosku. Na ślad omawianej hipotezy naprowadziły tych fizyków konkretne przesłanki, dotyczące zachowania ładunków elektrostatycznych w poruszających się ciałach. Zarzut Einsteina, określający tę ideę jako „hipotezę wymyśloną *ad hoc*”, nie jest zatem słuszny.

Do tego samego wniosku dochodzi w jednym ze swoich artykułów Bell, który podkreśla, że FitzGerald „nie wymyślił swojej hipotezy w arbitralny sposób; wykazał on, że nie jest [ona] pozbawiona uzasadnienia, ponieważ siły elektryczne ulegają zmianie pod wpływem ruchu. Odróżnił także siły elektryczne od molekularnych, i chociaż nie potrafił ich zidentyfikować, to poprawnie odgadł, że siły molekularne mogą się zachowywać w sposób podobny do sił elektrycznych”⁴⁹. O tym, że istnieje wyraźny związek pomiędzy kształtem pola elektromagnetycznego i ruchem ciała, FitzGerald dowiedział się od Heaviside’a, ale najważniejszy krok w rozumowaniu, prowadzącym do hipotezy kontrakcji – kontynuuje swój wywód Bell – fizyk ten uczynił sam, stwierdzając, że skoro „elektryczne siły zmieniają się wraz z ruchem ciała, i skoro odgrywają one istotną rolę w [strukturze] materii, to po prostu nierozsądnie jest myśleć, że pozostająca w ruchu materia zachowuje ten sam kształt”⁵⁰. Argumenty za tym, że odkrycie FitzGeralda nie było jedynie „błyskotliwym, bezpodstawnym przypuszczeniem irlandzkiego geniusza”⁵¹, formułuje również w swoich publikacjach Hunt⁵². Autor ten wskazuje przede wszystkim na rolę, jaką w procesie powstawania hipotezy kontrakcji odegrał Heaviside. Hunt podkreśla, że to właśnie uzyskane przez tego fizyka wyniki, dotyczące zmian, jakie zachodzą pod wpływem ruchu w naładowanych cząstkach, stały się dla FitzGeralda podstawą, na której oparł on swoją koncepcję deformacji poruszających się ciał⁵³.

* * *

Podstawowej motywacji do napisania tego artykułu dostarczyły autorowi – co zostało już zaznaczone we wstępie – publikacje Johna S. Bella. Podsumowując przeprowadzone analizy, warto jeszcze raz odwołać się do argumentów tego fizyka, który hipotezę FitzGeralda z wielu względów uważał za szczególnie atrakcyjną i wartą ponownego rozpatrzenia. Koncepcją, która przez cały czas przewijała się w powyższych akapitach, i która stanowiła swego rodzaju punkt odniesienia dla wszystkich fizyków, zainteresowanych problemem kontrakcji,

była koncepcja eteru. Ponieważ charakterystyka dyskusji, jaka w świecie naukowym toczyła się o to pojęcie, wymagałaby odrębnego, obszernego studium, w niniejszym artykule – poświęconym samej idei FitzGeralda – znalazło się miejsce jedynie na niektóre epizody, związane z tą dyskusją. W rzeczywistości jednak to właśnie pojęcie eteru – a nie kontrakcji – jest prawdziwą stawką sporu o hipotezę FitzGeralda, ponieważ sama kontrakcja jest jedynie „technicznym detalem” teorii, zbudowanej na założeniu dotyczącym istnienia wyróżnionego układu odniesienia, jakim był eter. Bell podkreśla, że teoria ta – oprócz koncepcji FitzGeralda składają się na nią również idee Larmora i Lorentza – jest spójna i wolna od arbitralnych założeń, a jedyną jej wadą jest to, że nie jest ona w stanie wyjaśnić, dlaczego w żadnym doświadczeniu nie można wykazać obecności wyróżnionego układu odniesienia, w którym eter spoczywa⁵⁴. Einstein uznał, że wobec tej niemożliwości należy przyjąć, iż wyróżniony układ odniesienia w ogóle nie istnieje, i tak sformułować postulaty szczególnej teorii względności, by nie było potrzeby odwoływania się do tego typu układu. Można jednak – zauważa Bell – stanowisko Einsteina sformułować nieco inaczej:

„Można założyć, że jakikolwiek inercjalny układ się wybiera, to układem tym jest eter XIX-wiecznej fizyki, i że w tym układzie można bezpiecznie zastosować idee kontrakcji FitzGeralda, dylatacji Larmora i opóźnienia Lorentza. Szkoda, że studenci tego nie rozumieją. Bardzo często przekonuje się ich, że Einstein w jakiś sposób usunął wszystko to, co było przed nim. Ale to nie jest prawdą. Wiele z tego, co było przed [Einsteinem], przetrwało teorię względności, uzupełnione jedynie o [postulat] wolnego wyboru pomiędzy dowolnym inercjalnym układem odniesienia, w którym należy zastosować wszystkie te idee.”⁵⁵

Na temat kontrakcji FitzGeralda napisano wiele nieściśłych, a niekiedy całkowicie błędnych, rzeczy. W jednej ze swoich publikacji Bell omawia kilka przykładów tego typu naukowej niefrasobliwości, z których wynika, że hipoteza FitzGeralda była z gruntu błędna i że dopiero szczególna teoria względności w poprawny sposób wyjaśniła negatywny wynik doświadczenia Michelsona-Morley’a⁵⁶. Najlepszym komentarzem, który zwalnia z konieczności polemiki z tego typu poglądami, jest wypowiedź samego Einsteina, który nie miał wątpliwości co do tego, że teoria FitzGeralda w rzeczywistości była poprawna:

„Lorentz i FitzGerald ocalili teorię, przyjmując założenie, zgodnie z którym ruch ciała względem eteru powoduje kontrakcję [...]. Z punktu widzenia teorii względności to rozwiązanie trudności było poprawne”⁵⁷.

To, że hipoteza FitzGeralda nie jest sprzeczna z teorią względności i że wyjaśnia wynik eksperymentu Michelsona-Morley’a bez konieczności odrzucenia samej idei eteru jako absolutnego układu odniesienia, ma doniosłe znaczenie zarówno dla filozoficznego, jak i dla naukowego obrazu świata. W filozofii nauki od dawna toczy się spór o to, czy zadaniem teorii naukowych jest jedynie dostarczanie spójnego opisu określonego aspektu fizycznej rzeczywistości, czy

również wyjaśnianie tego, w jaki sposób ta rzeczywistość funkcjonuje. Wiele niezależnych racji przemawia za tym, że teorie naukowe nie tylko powinny *opisywać*, ale również *wyjaśniać*. Jeśli tak jest rzeczywiście, to znaczy, że oprócz dostarczania spójnego wyjaśnienia negatywnego wyniku doświadczenia Michelsona-Morley'a, należy od współczesnej fizyki oczekiwać również jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, dotyczące tego, jak jest „naprawdę”. Czy wyróżniony układ odniesienia faktycznie nie istnieje? A może tylko wygodniej jest *założyć*, że nie istnieje? W świetle przeprowadzonych analiz odpowiedź na te pytania wcale nie jest oczywista. Wiele wskazuje na to, że problem eteru – wyróżnionego układu odniesienia – nie jest jeszcze definitywnie rozwiązany.

Przypisy

¹ Ponieważ każdy obiekt makroskopowy zbudowany jest z cząstek kwantowych, należy założyć, że nielokalność w porównywalnym stopniu dotyczy świata kwantowego, jak i makroskopowego.

² Por. np. J.S. Bell: *Speakable and unspeakable in quantum mechanics*. Cambridge 2004; *Duch w atomie*. P.C.W. Davies, J.R. Brown (red.) P. A m s t e r d a m s k i (tłum.). Warszawa 1996, s. 63–76; *Rozmowa z Johnem Bellem*, W. Skoczny (tłum.). „Zagadnienia Filozoficzne w Nauce”, 10 (1988), s. 15–24 (przekład wywiadu: C. M a n n, R. C r e a s e, *John Bell, Particle Physicist*, „Omni”, 10/8 (1988), s. 84–92).

³ „Być może najprostszym rozwiązaniem byłby powrót do takiej teorii względności, jaka obowiązywała przed Einsteinem, gdy tacy ludzie jak Lorentz i Poincaré wierzyli, że istnieje eter i związany z nim wybrany układ odniesienia, ale nasze instrumenty pomiarowe ulegają zmianom pod wpływem prędkości, co uniemożliwia wykrycie eteru. W takim przypadku można sobie wyobrazić, że istnieje uprzywilejowany układ odniesienia i w tym układzie oddziaływania mogą rozchodzić się szybciej niż światło. [...] To z pewnością najtańsze rozwiązanie. Zjawiska wydają się niezmiennicze ze względu na przekształcenie Lorentza, ale istnieje głębszy poziom, który nie jest niezmienniczy”; J.S. Bell: *Duch w atomie*, dz. cyt., s. 67.

⁴ Tamże, s. 68.

⁵ George Francis FitzGerald (1851–1901) – irlandzki fizyk, profesor “naturalnej i eksperymentalnej filozofii” *Trinity College* w Dublinie. Należał do grona “maxwellianców”, którzy pod koniec XIX w. rozwinęli i na nowo sformułowali teorię pola elektromagnetycznego Jamesa Clerka Maxwella. Jego życiorys i dorobek naukowy przedstawiony jest m.in. w następujących publikacjach: O. L o d g e: *G. F. FitzGerald*. „Proceedings of the Royal Society”, 75 (1905), s. 152–160; E.T. W h i t t a k e r: *G.F. FitzGerald*. „Scientific American”, 185/5 (1953), s. 93–98; J.M.D. C o e y: *George Francis FitzGerald, 1851–1901. The Millenium Trinity Monday Memorial Discourse*, <http://www.tcd.ie/Physics/history/fitzgerald/>.

⁶ Por. E.T. W h i t t a k e r: *A History of the Theories of Aether and Electricity*. T. I i II, London 1951 Thomas Nelson and Sons Ltd; K.F. S c h a f f n e r: *Nineteenth-century*

aether theories. Oxford 1972; *Conceptions of Ether: Studies in the History of Ether Theories 1740–1900*, G.N. Cantor, M.J.S. Hodge (red.). Cambridge 1981.

⁷ A.A. Michelson, E.W. Morley: *On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether*, „American Journal of Science”, 34 (1887), s. 333–345.

⁸ Zjawisko to – odkryte przez astronoma Jamesa Bradley’ a w roku 1725 – polega na tym, że na skutek rocznego ruchu Ziemi wokół Słońca, i skończonej prędkości światła, wszystkie gwiazdy wydają się poruszać po zamkniętych orbitach wokół swoich rzeczywistych lokalizacji (aberracja nie jest tym samym, co paralaksa, oznaczająca ruch bliższych gwiazd na tle gwiazd dalszych); na temat tego zjawiska, por. np. P. M a r m e t: *Stellar Aberration and Einstein’s Relativity*. „Physics Essays”, 9/1 (1996), s. 96–99.

⁹ Por. B.J. H u n t: *The Maxwellians*. Ithaca 1991, s. 191.

¹⁰ Opis tego urządzenia i historię przeprowadzonych prób pomiaru efektu „wleczenia eteru” Lodge przedstawił w książce *The Eather of Space* (New York 1909).

¹¹ O. H e a v i s i d e: *The electro-magnetic effects of a moving charge*. „Electrician”, 22 (1888), s. 147–148.

¹² Na temat tej korespondencji, por. F.E. H a c k e t t: *FitzGerald as revealed by his letters to Heaviside*. “Scientific Proceedings of the Royal Dublin Society”, 26/1 (1952), s. 3–7; B.J. H u n t: *The Maxwellians*, dz. cyt., s. 182–197.

¹³ Z listu FitzGeralda do Heaviside’a ze stycznia 1889 r.; cyt. za: H.R. B r o w n: *Physical Relativity: Space-time Structure from a Dynamical Perspective*, Oxford 2005, s. 3.

¹⁴ Heaviside nigdy nie był przekonany co do tego, że uzyskany przez niego wynik może wyjaśniać kontrakcję Lorentza-FitzGeralda; por. I. Y a v e t z: *From Obscurity to Enigma. The Work of Liver Heaviside, 1872–1889*. Berlin 1995, s. 264.

¹⁵ Warwick argumentuje, że bez elektromagnetycznej teorii molekularnej budowy materii, której nie zbudował Heaviside i której nie znał FitzGerald, samo zniekształcenie pola elektrostatycznego nie uzasadnia w dostateczny sposób hipotezy kontrakcji; por. W. W a r w i c k: *On the role of the FitzGerald-Lorentz Contraction Hypothesis in the Development of Joseph Larmor’s Electronic Theory of Matter*. „Archive for History of the Exact Sciences”, 43 (1991), s. 43–45.

¹⁶ FitzGerald zwykle publikował swoje artykuły w zeszytach Royal Dublin Society, ale w roku 1889 rozstał się (na blisko 10 lat) z tym stowarzyszeniem. Zdaniem Hunta, FitzGerald wybrał amerykańskie czasopismo „Science”, aby jego artykuł został zauważony przez Michelsona i Morley’a; por. B.J. H u n t: *The Maxwellians*, dz. cyt., s. 193.

¹⁷ G.F. F i t z G e r a l d: *The Ether and the Earth’s Atmosphere*. „Science”, 13 (1889), s. 390.

¹⁸ S.G. B r u s h: *Note on the History of the FitzGerald-Lorentz Contraction*. „Isis”, 58 (1967), s. 230–232.

¹⁹ Por. B.J. H u n t: *The Maxwellians*, dz. cyt., s. 194. Autor zauważa, że o istnieniu tej publikacji nie wiedział również Joseph Larmor, który już po śmierci FitzGeralda – w roku 1902 – redagował tom zawierający jego naukowe pisma (*Scientific Writings of the Late George Francis FitzGerald*, Dublin 1902) – co zakrawa na ironię, ponieważ Larmor był bliskim przyjacielem FitzGeralda i wielkim zwolennikiem hipotezy kontrakcji.

²⁰ Na temat tej wizyty, por. B.J. H u n t: *The Maxwellians*, dz. cyt., s. 192–193.

²¹ Zob. J.S. Bell: *George Francis FitzGerald*, „Physics World”, 5 (1992), s. 31. Artykuł ten powstał z wykładu, wygłoszonego przez Bella w roku 1989. Skrócenia wykładu dokonał D. Weaire.

²² Zob. B.J. Hunt: *The Maxwellians*, dz. cyt., s. 192–193.

²³ O. Lodge: *G. F. FitzGerald*, dz. cyt., s. 152–160; tenże: *The Eather of Space*, dz. cyt., s. 65; tenże: *Continuity*. „British Association Report”, (1913), s. 25–26; tenże: *Past Years; An Autobiography*. London 1931, s. 204–205.

²⁴ Por. *Scientific Writings of the Late George Francis FitzGerald*, dz. cyt., s. xxxiv.

²⁵ Por. np. H.R. Brown: *The origins of length contraction: I. The FitzGerald-Lorentz deformation hypothesis*. „American Journal of Physics”, 69/10 (2001), s. 1044–1054; E.T. Whittaker: *G.F. FitzGerald*, [w:] *Lives in Science*. New York 1957, s. 82–83.

²⁶ B.J. Hunt: *The Maxwellians*, dz. cyt., s. 192.

²⁷ O. Lodge: *On the present state of our knowledge of the connection between ether and matter: an historical summary*. „Nature”, 46 (1892), s. 164–165.

²⁸ „[...] the cohesion force between molecules, and, therefore, the size of bodies, may be a function of their direction of motion through the ether; and accordingly that the length and the breadth of Michelson's stone supporting block were differently affected”; O. Lodge: *Aberration problems*. „Philosophical Transactions of the Royal Society” A, 184 (1893), s. 749–750. Sformułowanie to może mylnie sugerować, iż FitzGerald miał na myśli zmianę zarówno długości, jak i szerokości ciała – tak zdają się interpretować słowa Lodge'a M. Mamone C. Priola i F. Pabianco: *On the Michelson-Morley Experiment*. „Foundations of Physics”, 24 (1994), s. 895 – na co zwrócił w 1966 roku uwagę Alfred M. Borik: *The 'FitzGerald' Contraction*. „Isis”, 57 (1966), s. 199–207.

²⁹ Jest to opinia znakomitej większości autorów. Istotnym wyjątkiem jest tu Whittaker, który w swojej monografii, dotyczącej historii eteru i elektryczności, dowodzi, że Lorentz przejął hipotezę kontrakcji of FitzGeralda: „In the issue of *Nature* for 16 June 1892, Lodge mentioned that FitzGerald had communicated to him a new suggestion for overcoming the difficulty. This was, to suppose that the dimensions of material bodies are slightly altered when they are in motion relative to the aether. Five months later, this hypothesis of FitzGerald's was adopted by Lorentz, in a communication to the Amsterdam Academy”; E.T. Whittaker: *A History of the Theories of Aether and Electricity*, dz. cyt., t. I, s. 404–405.

³⁰ H.A. Lorentz: *De relatieve beweging van de aarde en den aether*. „Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam”, 1 (1892–93), s. 74–79; przedruk w wersji angielskojęzycznej: *The Relative Motion of the Earth and the Ether*, [w:] *Collected Papers*. P. Zeeman, A.D. Fokker, (red.), vol. 4, The Hague 1937, s. 219–223.

³¹ List FitzGeralda do Lorentza z 14 XI 1894 r.; A.J. Kox: *The Scientific Correspondence of H.A. Lorentz*. New York 2008, vol. I, s. 46.

³² H.A. Lorentz: *Versuch einer Theorie der electrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern*. Leiden 1895, s. 122.

³³ Tę wersję doświadczenia Michelsona-Morley'a przeprowadzili w 1932 r. R.J. K e n n e d y i E.M. T h o r n d i k e: *Experimental Establishment of the Relativity of Time*. „Physical Review”, 42/3 (1932), s. 400–418).

³⁴ J. L a r m o r: *On a dynamical theory of the electric and luminiferous medium*, „Philosophical Transactions of the Royal Society”, 190 (1897), s. 205–300. W powszechnym przekonaniu dylatację czasu jako pierwszy przewidział Larmor, a Lorentz aż do roku 1905, w którym Einstein sformułował szczególną teorię względności, nie widział potrzeby uwzględniania tego efektu. Argumenty za tym, że wniosek ten nie jest ani oczywisty, ani pewny, formułuje H.R. B r o w n; por. *Physical Relativity*, dz. cyt., s. 5–8.

³⁵ Cytat pochodzi z artykułu B.J. H u n t a: *The Origins of the FitzGerald Contraction*. „British Journal for the History of Science”, 21 (1988), s. 67–76), a krytycznej analizie poddaje go H.R. B r o w n; por. *Physical Relativity*, dz. cyt., s. 49–50; tenże, *The origin of length contraction*, dz. cyt., s. 1044–1054.

³⁶ Por. A.M. B o r k, *The 'FitzGerald' Contraction*, art. cyt., s. 199–207.

³⁷ „It should be noted that FitzGerald never seems to have used the words ‘contraction’ or ‘shortening’ in connection with the proposed motion-induced change of the body. The probable reason is that he did not have the purely longitudinal contraction, now ubiquitously associated with the ‘FitzGerald-Lorentz hypothesis’, in mind. It is straightforward to show – though not always appreciated – that the MM result does not demand it. Any deformation (including expansion) in which the ratio of the suitably defined transverse and longitudinal length change factors equals the Lorentz factor $\gamma = (1-v^2)^{-1/2}$ will do, and there are good reasons to think that this is what FitzGerald meant, despite some claims to the contrary on the part of historians”; H.R. B r o w n: *Physical Relativity*, dz. cyt., s. 3.

³⁸ O. L o d g e: *Continuity*, dz. cyt.; tenże: *Past Years; An Autobiography*, dz. cyt.

³⁹ A.M. B o r k: *The 'FitzGerald' Contraction*, art. cyt., s. 206.

⁴⁰ Por. H.R. B r o w n, *The origin of length contraction*, dz. cyt.

⁴¹ Por. F.B. F i t z G e r a l d: *Duality of Reality at Planck Scale*. Vol. II. „The General Science Journal”, <http://www.wbabin.net/physics/fitzgerald2.pdf>.

⁴² Tamże, s. 101, 105.

⁴³ Zwrot „FitzGerald [...] was first” pojawia się w różnych kontekstach niemal na każdej stronie cytowanej publikacji.

⁴⁴ A. E i n s t e i n: *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*. „Annalen der Physik”, 17 (1905), s. 891–921.

⁴⁵ Por. J. S t a c h e l: *Einstein i teoria względności*, [w:] A. E i n s t e i n: *5 prac, które zmieniły oblicze fizyki*. P. Amsterdamski (tłum.). Warszawa 2005, s. 105–106.

⁴⁶ „This type and manner of accounting for experiments with negative results through hypotheses invented *ad hoc* is very unsatisfactory”; A. E i n s t e i n: *Die Relativitätstheorie*, [w:] *Die Kultur der Gegenwart. Ihre Entwicklung und ihre Ziele*. P. Hinneberg (ed.), part 3, sec. 3, vol. 1, *Physik*. Emil Warburg (ed.). Leipzig 1915, s. 707.

⁴⁷ „[Einstein] przyjął, że zasada względności jest zawsze spełniona i uznał zgodność z tą zasadą za kryterium akceptowalności dowolnej teorii fizycznej. Zasadę względności zatem potraktował podobnie jak zasady termodynamiki, które – jak później stwierdził – odegrały rolę przewodnika. Takie zasady nie są wnioskami wynikającymi z innych

teorii, lecz stanowią aksjomaty dla rozumowania dedukcyjnego, pozwalającego wyprowadzić ogólne kryteria, jakie muszą spełniać wszystkie teorie fizyczne”; J. S t a c h e l: *Einstein i teoria względności*, dz. cyt., s. 106. Na temat statusu zasady stałej prędkości światła: por. T. P a b j a n: *O konwencjonalnym charakterze pojęcia jednoczesności w Szczególnej Teorii Względności*. „Zagadnienia Filozoficzne w Nauce”, 37 (2005), s. 53–72.

⁴⁸ Szkic listu Lorentza do Einsteina ze stycznia 1915r., przechowywany w archiwum Lorentza (Rijksarchief in Noord-Holland, Haarlem), cyt. za: M.H.P. J a n s s e n: *A comparison between Lorentz's ether theory and special relativity in the light of the experiments of Trouton and Noble*, PhD – Univeristy of Pittsburgh, http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/litserv/diss/janssen_diss, rozdział 3, s. 40–41.

⁴⁹ J.S. B e l l: *George Francis FitzGerald*, dz. cyt., s. 31.

⁵⁰ Tamże, s. 32.

⁵¹ Autorem tego sformułowania jest angielski fizyk, Richard T. G l a z e b r o o k (zacytowane słowa znajdują się w nekrologu Lorentza: *H.A. Lorentz* „Nature”, 121 (1928), s. 287–288), który usłyszał o hipotezie FitzGeralda podczas jednej z jego wizyt w Cambridge.

⁵² Por. B.J. H u n t: *The Origins of the FitzGerald Contraction*, art. cyt., s. 67–76; tenże: *The Maxwellians*, dz. cyt., s. 192–195.

⁵³ „Most important, he [FitzGerald] had fresh in his mind Heaviside's formula giving just the

$$\sqrt{1-v^2/c^2}$$

effect needed to account for Michelson and Morley's result. In the spring 1889, FitzGerald had good reason to think that bodies should change in size when they move through the ether”; tamże, s. 193.

⁵⁴ „Jest tajemnicą, podobnie jak w teorii Lorentza i Poincarégo, dlaczego eter nie przejawia się na poziomie obserwacji. Wydaje się, że mamy do czynienia z jakąś konspiracją, coś dzieje się za kulisami, czego nie możemy zobaczyć na scenie. Przyznaję, że to bardzo niepokojące”; J.S. B e l l: *Duch w atomie*, dz. cyt., s. 68.

⁵⁵ J.S. B e l l: *George Francis FitzGerald*, dz. cyt., s. 34.

⁵⁶ Por. tamże, s. 34–35. Bell przeprowadza krytykę poglądów i sformułowań zamieszczonych w następujących publikacjach: W. C l a r k e: *Einstein: The Life and Times*; W.K.H. P a n o w s k y, M. P h i l l i p s: *Classical Electricity and Magnetism*; A. G r ü n b a u m: *Philosophical Problems of Space and Time*, M. G a r d i n e r: *The Relativity Explosion*; H o w i e: *Theory of Relativity*; A. P a i s: *Subtle is the Lord*; J. T y r r e l l: *The invisibility of the Lorentz contraction*. Analizę błędnych wniosków, sformułowanych pod adresem hipotezy FitzGeralda, przeprowadza również w swojej książce H.R. B r o w n: *Physical Relativity*, dz. cyt., s. 53.

⁵⁷ A. E i n s t e i n: *Relativity: The Special and General Theory*. New York 1920, s. 49.