

Kazimierz Turzyniecki

Rok 2005 - Światowy Rok Fizyki - rok Einsteina

Studia Philosophiae Christianae 41/2, 159-172

2005

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Niezależność od czasu grawitacji Newtona i skończona prędkość rozchodzenia się zaburzenia grawitacyjnego w ogólnej teorii względności wskazują na taki aczasowy proces w próżni.

Doszliliśmy też do specyfikacji zagadnień związanych z rozumieniem nielokalności, które będziemy systematycznie podejmować w późniejszym czasie. Ponadto znaleźliśmy kilka przesłanek skłaniających do analizy struktury czasoprzestrzeni szczególnej teorii względności z uwzględnieniem porządku ontologicznego.

ONTOLOGY OF PHYSICAL THEORIES AND ONTOLOGY OF REALITY (II)

Summary

This is a second part of a paper that investigates the ontology of reality. In this part it is explained how to distinguish „the cognitive order” and „the ontological order”. A particular analysis is based on the two physical problems, which are associated with the research for a quantum theory of gravity: incompatibility of a space-time background of two fundamental theories in physics and their new characteristics – symptoms of non-locality.

KAZIMIERZ TURZYŃIECKI

Kolegium KSW, Warszawa

ROK 2005 – ŚWIATOWY ROK FIZYKI – ROK EINSTEINA

1. PODWÓJNY JUBILEUSZ EINSTEINA

Rok 2005 ogłoszono Światowym Rokiem Fizyki. Bardziej wta- jemniczeni kojarzą go słusznie z Albertem Einsteinem. Właśnie w tym roku mija 50 lat od jego śmierci (Albert Einstein zmarł 18 kwietnia 1955 roku) i jednocześnie sto lat od ogłoszenia przez Einsteina jego czterech prac, które zmieniły fizykę. W ten sposób uczczono najbardziej znanego na całym świecie uczonego, uznanego za najwybitniejszego człowieka ostatniego stulecia.

Albert Einstein niewątpliwie należał do ludzi wyjątkowych. Niezwykłą sławę – jak na naukowca – zawdzięcza głównie dwom pracom, znanym powszechnie jako szczególna i ogólna teoria względ-

ności – pracom obfitującym w zaskakujące założenia i jeszcze bardziej zaskakujące, paradoksalne wyniki. Mimo to, obie te teorie wywarły ogromny wpływ na sposób myślenia w fizyce, a także poza nią. Einstein w swoich pracach stosował swoistą, niezwykle oryginalną w nauce, metodę uzasadniania wyników swoich rozważań w „doświadczeniach myślowych”, czyli w doświadczeniach wykonywanych po prostu w myślach. Dzięki Einsteinowi w fizyce umocniły się dedukcyjne metody ustalania ogólnych, a nawet szczegółowych właściwości naturalnego świata. Jego teorie wpłynęły w zasadniczy sposób na współczesne pojmowanie czasu i przestrzeni, na rozumienie takich fundamentalnych pojęć w fizyce, jak siła, masa czy energia, a przede wszystkim zmieniły nasze wyobrażenia o wszechświecie jako całości.

Już setną rocznicę urodzin (Albert Einstein urodził się 14 marca 1879 roku) „największego fizyka wszechczasów”, któremu już za życia stawiano pomniki, świat nauki uczcił okolicznościowymi artykułami, opracowaniem całej jego spuścizny naukowej, wydaniem wszystkich jego dzieł, a także wydaniem monumentalnych biografii.

Stulecie urodzin Einsteina postanowił także uczcić Artur Miller, historyk fizyki. Wydał mianowicie książkę¹, w której dokonał analizy historycznej prac relatywistycznych Einsteina i próbował ustalić ich związek z całą fizyką tamtego okresu. Miller zauważył, że do lat siedemdziesiątych dwudziestego wieku praktycznie nie było żadnej poważniejszej analizy historycznej prac Einsteina. Luka ta zachęciła go do napisania książki o powstaniu szczególnej teorii względności. Do tego czasu tylko Gerald Holton i Martin Klein zajmowali się badaniami nad pochodzeniem teorii względności. Właśnie Holton esejem z roku 1960: *O pochodzeniu szczególnej teorii względności*, wywołał zainteresowanie dociekaniem historycznych faktów związanych ze szczególną teorią względności i postawił wiele poważnych problemów, o których pisał w swoich późniejszych pracach. Książka Millera miała być swego rodzaju pomnikiem dla uczczenia jubileuszu Einsteina. Ukazała się dopiero w 1981 roku, ale już niedługo potem wywołała ogromne poruszenie w środowisku fizyków na całym świecie (szkoda, że w Polsce jest praktycznie nieznaną). Książka Millera przerosła zamierzenia autora i wywoła-

¹ A. Miller, *Albert Einstein's Special Theory of Relativity, Emergence (1905) and early interpretation (1905-1911)*, Addison-Wesley Publishing Company Inc. 1981.

ła raczej odwrotny skutek, bowiem okazało się, że szczególnie teoria względności ma, wbrew obiegowym przekazom, swoją długą, bogatą i zawiłą historię. Od ukazania się pracy Millera rozpoczął się nowy okres krytycznego podejścia do relatywistycznych prac Einsteina. Przez Stany Zjednoczone, Kanadę i inne kraje przeszły burzliwe fale krytyki teorii względności. W roku 1989 pojawiły się pisma: *Galilean Electrodynamics* i *Apeiron*, oba otwarte na konstruktywną krytykę teorii względności. W Rosji odbyło się już osiem międzynarodowych konferencji poświęconych tej problematyce. W ostatnich latach podobne konferencje odbyły się w wielu innych krajach, m.in. w Chinach i w Niemczech.

Spśród czterech prac Einsteina opublikowanych w 1905 roku jedna z nich zatytułowana: *O elektrodynamice ciał w ruchu*², wyróżniła się niesłychaną śmiałością i rozmachem wysuwanych idei, a zarazem zagadkowością wywodów. Praca ta, później nazwana szczególnie teorią względności, tak naprawdę została zbudowana – z jednej strony – dla wyjaśnienia zerowego wyniku doświadczenia Alberta Michelsona, co na swój sposób zrobił Hipolite Lorentz. Z drugiej strony – dla wyjaśnienia odkrytych kilka lat wcześniej dynamicznych właściwości elektronów (zależności masy elektronu od jego prędkości). Lorentz też miał w tym istotny udział. Ponieważ ta praca Einsteina wywołała więcej kontrowersji i zamieszania w fizyce niż pozostałe jego prace wydane w tym samym roku, więc zasługuje na wyjątkową uwagę.

2. WSZYSTKO ZACZĘŁO SIĘ OD ETERU

Dociekając genezy szczególnej teorii względności, każdy musi dojść do wniosku, że podłożem, z którego wyrosła ta teoria, była przede wszystkim koncepcja światłonośnego eteru, a dokładniej, trudności z potwierdzeniem istnienia takiego eteru i jego związku ze światłem.

Sama idea eteru wywodzi się jeszcze z czasów przednaukowych. Już Arystoteles w swoim traktacie *O niebie* (270b-15) zauważa: „Zdaje się, że nazwa [Pierwszego ciała – Eter] przeszła od starożytnych aż do naszych czasów”, i trochę dalej (270b 21) „starożytni nadali nazwę »Eteru« najwyższemu miejscu, wywodząc ją z faktu,

² A. Einstein, *Zur Elektrodynamik Bewegter Körper*, Annalen der Physik 17(1905), 891-921.

że ono «biegnie ciągle» przez całą wieczność. Anaksagoras źle używa tego słowa, gdy nim oznacza ogień”³.

Czym więc był eter? W traktacie *O świecie* (392a-6) Arystoteles wyjaśnia: „Substancja, z której utworzone zostało niebo i gwiazdy, nazywa się eterem nie dlatego, iż z racji do ognia zbliżonej natury »plonie« – jak sądzą niektórzy, myśląc się bardzo, gdyż w rzeczywistości z ogniem nie ma ona nic wspólnego – lecz dlatego, że «krąży nieustannie» ruchem kolistym i jest żywiołem różnym od czterech pozostałych, czystym i boskim”⁴.

W XVII wieku Kartezjusz, próbując wyjaśnić prawo załamania światła, powraca do idei eteru: „Wzajemnie jednak do siebie po trochu przylegając, tworzą tutaj wielką jakąś masę najbardziej rozrzedzoną i nie różniącą się od powietrza (czy raczej od eteru, otaczającego Ziemię)”⁵. W tym samym czasie Robert Hook w swoim dziele zatytułowanym *Mikrografia*, poświęconym badaniom zjawisk optycznych, wysuwa przypuszczenie, że światło może być zjawiskiem falowym rozchodzącym się w eterze, podobnie jak dźwięk w powietrzu, z tym jednak, że światło, według Hooke’a, powinno rozchodzić się w eterze dużo szybciej, być może nieskończenie szybko. Do koncepcji eteru jako ośrodka przenoszącego fale świetlne odwołują się również Christian Huygens w *Traktacie o świetle* z 1690 roku i Izaak Newton w *Optyce* z 1704 roku. W roku 1800 Thomas Young opublikował wyniki swoich badań o interferencji światła i wyjaśnił je w kategoriach teorii falowej. Był to przełomowy moment w utrwaleniu przekonania o falowej naturze światła, które do rozchodzenia się – z racji swojej natury – wymagało jakiegoś ośrodka. W tej sytuacji istnienie stacjonarnego eteru – jako ośrodka wypełniającego cały wszechświat nie mogło dalek wywoływać wątpliwości.

3. KŁOPOTY Z ETEREM

Jednak już w 1804 roku sam Young zasugerował, że wyjaśnienie zjawiska aberracji gwiazd, odkrytego przez Jamesa Bradleya jeszcze w 1728 roku, wymaga pewnej modyfikacji dotyczącej sposobu bytowania eteru i założenia o częściowym jego unoszeniu przez cia-

³ Arystoteles, *Fizyka*, t. 2, tłum. z gr. P. Siwek, A. Paciorek, PWN, Warszawa 1990, 240.

⁴ Tamże, 573.

⁵ R. Descartes, *Zasady filozofii*, tłum. z łac. I. Dąmbska, PWN, Warszawa 1960, 164.

ła w nim poruszające się⁶. Podobnie myślał Augustin Fresnel, który, by wyjaśnić wynik obserwacji Francoisa Arago z 1810 roku, wprowadził słynny współczynnik częściowego pociągania eteru⁷: $(1 - 1/N^2)$. Postulat o poprzecznym charakterze fal świetlnych wymagał dalszych zmian w ustalaniu właściwości eteru. Wreszcie problem dyspersji światła także wskazywał, że z tym eterem coś jest nie tak.

Kłopoty, które eter zaczął sprawiać, przyczyniły się do tego, że poczęto szukać doświadczalnych dowodów na jego istnienie. Jednak metody doświadczalnej weryfikacji oczekiwanych właściwości eteru nie były łaskawe dla tej przyjętej *ad hoc* hipotezy. Pierwszy jednoznacznie sprzeczny z przewidywaniami Fresnela wynik, jakoby ruch eteru miał wpływać na szybkość rozchodzenia się światła, otrzymał w roku 1868 Martinus Hoek⁸.

Mimo tych wszystkich problemów trudno było zrezygnować z koncepcji eteru, która w fizyce dziewiętnastego wieku wydawała się być do tego stopnia niezbędna, że nad ich rozwiązaniem pracowało wielu wybitnych fizyków tamtych czasów, by wymienić: Kelvina, G. Kirchhoffa, J. C. Maxwella, G. Stokesa, G. Fitzgeralda, H. Lorentza, J. Larmora czy A. Michelsona.

By przekonać wszystkich, że eter jest fizyczną rzeczywistością, Maxwell w artykule zamieszczonym w *Encyclopaedia Britannica* z 1878 zaproponował eksperyment w celu określenia prędkości Ziemi względem eteru przy użyciu światła. Michelson zrealizował pomysł Maxwella już w roku 1881; wykonał eksperyment, z którego wyciągnął jednoznaczny wniosek: „hipoteza o stacjonarnym eterze jest błędna”⁹.

Lorentz nie mógł pogodzić się z takim werdyktem. W pracy: *O wpływie ruchu Ziemi na zjawiska świetlne* z roku 1886, skrytykował pierwszy eksperyment Michelsona, wykazując mu błąd obliczeniowy i zarzucając zbyt małą dokładność. W roku 1887 Albert Michelson z pomocą Edwarda Morleya powtórzył eksperyment¹⁰

⁶ A. Miller, dz. cyt., 18.

⁷ K. F. Schaffner, *Nineteenth-Century Aether Theories*, Pergamon Press Ltd., Oxford 1972, 26.

⁸ A. Miller, dz. cyt., 17.

⁹ A. A. Michelson., *The Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Eather*, American Journal of Science 22(1881), 120-129.

¹⁰ A. A. Michelson, E. W. Morley, *On the Relative of the Earth and Lumuniferous Eather*, American Journal of Science 34(1887), 333-345.

i uzyskał znacznie lepszą dokładność. I tym razem wynik nie wskazywał na istnienie eteru. Zaczął się poważny kryzys.

W *Nature* z 16 czerwca 1892 roku Oliver Lodge wspominał, że George Fitzgerald wyjawiał mu swój sposób, jak pokonać trudności w wyjaśnieniu zerowego wyniku doświadczenia Michelsona-Morleya. W tym samym roku o idei Fitzgeralda dowiedział się Lorentz i poinformował o niej Amsterdamską Akademię. Hipoteza Fitzgeralda zakładała, że wymiary ciał materialnych powinny lekko zmniejszać się w kierunku ruchu, gdy ciała te poruszają się względem eteru. Lodge wzmiankę o hipotezie Fitzgeralda opublikował także w *Philosophical Transactions A* 184 (1893). W roku 1892 w pracy zatytułowanej *Eter a ruch względny ziemi*¹¹ Lorentz opracował matematycznie hipotezę Fitzgeralda z roku 1889. W ten sposób Lorentz rozpoczął proces wpisywania hipotezy skrócenia w swoje słynne transformacje, które stanowią podstawę szczególnej teorii względności, zaś hipoteza skrócenia stanowi jej kolejne niejawne założenie.

Doświadczenia Michelsona wykazały, że nie ma wyróżnionego układu odniesienia – „układu spoczywającego eteru” – względem którego można by mówić o absolutnym ruchu. Zatem, czy w tym kontekście można mówić o absolutnym ruchu światła? Sprzeczności pomiędzy obowiązującymi wówczas teoriami, a wynikami doświadczenia Michelsona stały się wyzwaniem dla fizyków teoretyków tamtego okresu.

4. WYJŚCIE Z IMPASU

Dyskusję o trudnościach w wyjaśnieniu zerowego wyniku doświadczenia Michelsona i w dowodzeniu istnienia eteru śledził francuski matematyk i filozof Henri Poincaré. Analiza doświadczenia Michelsona prowadziła do pytań o czasy przelotu światła na określonej stałej drodze, gdy światło biegnie wraz z układem w tę samą stronę, a następnie w stronę przeciwną. Rodziły się też przy tym pytania, jak dokładnie zmierzyć te czasy, i pytania o czasy wskazywane przez zegary znajdujące się w różnych miejscach, w różnych układach, spoczywające i poruszające się względem siebie. Czy zegary te można tak wyregulować, aby wszystkie zawsze wskazywały ten sam

¹¹ H. A. Lorentz, *The Relative Motion of the Earth and the Ether*, Vesl. Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam 2(1892), 297.

czas? Czy może istnieć czas absolutny w odróżnieniu od czasów lokalnych? Czy dwa zdarzenia zachodzące w różnych punktach przestrzeni są jednoczesne? Wobec trudności z potwierdzeniem istnienia eteru Poincaré dochodzi w roku 1898 do wniosku, że skoro nie można wykryć świetlonośnego eteru, to trzeba się pogodzić z myślą o jego odrzuceniu. Światło może rozchodzić się w próżni i w dodatku rozchodzi się w niej ze stałą skończoną prędkością. Nie przeszkadza to w synchronizowaniu ruchomych zegarów, ale prowadzi do nowego rozumienia definicji jednoczesności.

W roku 1900 Poincaré wypowiedział Zasadę Względności, zgodnie z którą wszystkie inercjalne układy odniesienia są równoważne, oznacza to, że w żadnym eksperymencie, czy to mechanicznym czy elektromagnetycznym, nie można wykryć absolutnego ruchu układu. Następnie w pracy opublikowanej w 28 numerze biuletynu matematycznego z roku 1904 zasugerował, że zgodnie z Zasadą Względności prawa fizyczne muszą być jednakowe dla wszystkich inercjalnych obserwatorów¹². Poincaré podkreślił, że musi powstać nowa mechanika, w której będzie obowiązywać zasada, że żadna prędkość nie może przekroczyć prędkości światła. Sugerował też, że masa ciała zależy od jego prędkości, na co wskazywały badania teoretyczne innych uczonych.

5. BADANIA MASY ELEKTRONU

Już w roku 1881 w rozważaniach teoretycznych, opartych na teorii Maxwella, dotyczących poruszających się w eterze naelektryzowanych ciał, Joseph Thomson zauważył, że „efekt naelektryzowania jest taki sam, jakby masa takiego ciała wzrastała o stałą wartość”¹³. Fakt, że poruszający się ładunek unosi swoje pole elektromagnetyczne, a wraz z nim pęd, nasuwał myśl o bezwładnej masie elektromagnetycznej. W roku 1889 Heaviside¹⁴ wprowadził poprawki do rozważań Thomsona i wykazał, że całkowita energia elektryczna i magnetyczna pola elektromagnetycznego wytwarzanego

¹² H. Poincaré, *The present and the future of mathematical physics*, Bulletin of Science and Mathematics 28(1904)2, 317; przedrukowano w Bulletin of American Mathematical Society 37(2000), 25-38.

¹³ J. J. Thomson, *On the Electric and Magnetic Effects Produced by Motion of Electrified Bodies*, Philosophical Magazine 11(1881), 229-249.

¹⁴ O. Heaviside, *On the Electromagnetic effects due to the motion of electrification's through a dielectric*, Philosophical Magazine 27(1889), 324-339.

przez naładowaną kulę powinna zależeć od stosunku jej prędkości v do prędkości światła c . Następnie w roku 1893 Thomson¹⁵ dowodził, że przy prędkościach porównywalnych z prędkością światła masa kulistego elektronu powinna wzrastać ze wzrostem prędkości.

Dalsze badania Williama Mortona¹⁶ (1896 r.) i George'a Searle'a¹⁷ (1897 r.) doprowadziły do uzyskania wyrażenia, z którego jednoznacznie wynikało, że masa naelektryzowanego ciała poruszającego się w eterze ruchem jednostajnym zależy od jego prędkości i rośnie do nieskończoności, gdy prędkość ciała jest porównywalna z prędkością światła.

6. ODKRYCIE KAUFMANNNA

Eksperymentalny nurt badań w największym stopniu zaważył na zbudowaniu dynamicznej części szczególnej teorii względności. Zapoczątkowały go odkrycia związane z wyładowaniami elektrycznymi w gazach rozrzedzonych. Jednym z nich było odkrycie przez Plückera¹⁸ (1858 r.) tak zwanych promieni katodowych. Jak się okazało, były to elementarne składniki atomu, nazwane elektronami. Po ustaleniu podstawowych własności tych cząstek zaczęto zastanawiać się nad sposobem wyznaczenia ich masy. Najpierw Schuster¹⁹ (1884 r.), a następnie J. Thomson²⁰ (1894 r.) opracowali metody pozwalające na wyznaczenie stosunku ładunku do masy tych cząstek dla różnych ich prędkości. Jednak największe prędkości badanych wówczas elektronów nie przekraczały 10% prędkości światła.

W roku 1900 dysponowano już wieloma różnymi wynikami pomiarów wartości stosunku ładunku elektronu do jego masy, zmierzonymi przy różnych prędkościach. Różnice te jednak były zbyt małe, a pomiary niezbyt dokładne, aby na tej podstawie można by-

¹⁵ J. J. Thomson, *Recent Researches in Electricity and Magnetism: Intended as a Sequel to Professor Clerk Maxwell's Treatise on Electricity and Magnetism*, Oxford Clarendon Press 1893.

¹⁶ W. B. Morton, *Electromagnetic Theory of Moving Charges*, Philosophical Magazine 41(1896), 488.

¹⁷ G. F. Searle, *On the Motion of an Electrified Ellipsoide*, Philosophical Magazine 44(1897), 329-341.

¹⁸ J. Plücker, *Über die Einwirkung des Magneten auf die elektrischen Entladungen in verdünnten Gasen*, Annalen der Physik (1858), 103-105.

¹⁹ D. L. Anderson, *Odkrycie elektronu*, tłum. z ang. A. Blinowska, PWN, Warszawa 1966, 47.

²⁰ Tamże, 60.

ło wywnioskować o zależności masy elektronów od ich prędkości i potwierdzić teoretyczne przewidywania takiej zależności. W tym samym roku Walter Kaufmann²¹, zachęcony przez Wilhelma Wiena, zdecydował się poszukać empirycznego dowodu zależności masy elektronu od jego prędkości sugerowanej przez teoretyków. Kaufmann w swoich badaniach posłużył się bardzo szybkimi elektronami, odkrytymi w 1896 roku przez Henri Becquerela, których szybkości osiągały 95% szybkości światła. Wynik okazał się pozytywny. Kaufmann pierwszy wykazał empirycznie, że stosunek ładunku do masy elektronów jest funkcją prędkości i szybko rośnie, gdy prędkości elektronów zbliżają się do prędkości światła. Odkrycie Kaufmanna postawiło przed teoretykami fizyki początku dwudziestego wieku problem: jak wyjaśnić gwałtowny wzrost masy elektronów przy prędkościach bliskich prędkości światła.

Pierwszą teorię usiłującą wyjaśnić efekt Kaufmanna stworzył w 1902 roku Max Abraham²². Z teorii tej wynikała zależność masy od prędkości, jednak teoria ta nie została potwierdzona przez dokładniejsze pomiary.

7. TEORIA ELEKTRONU LORENTZA

Już w roku 1899 Lorentz zastanawiał się nad zależnością masy jonów od prędkości. W 1901 roku, jeszcze przed odkryciem Kaufmanna, podał bez dowodu dwa pierwsze człony rozwinięcia w szereg potęgowy wyrażenia na masę jonów. Rozwinięcie to okazało się zgodne z późniejszym jego wzorem na zależność masy elektronu od prędkości. Lorentz rozpoczął pracę nad zbudowaniem swojej teorii elektronu, odkształcającego się pod wpływem ruchu w eterze. W 1904 roku opublikował tę teorię pod tytułem *Dalsze rozwinięcie teorii Maxwella. Teoria elektronu*. Jeszcze w tym samym roku napisał pracę *Elektromagnetyczne zjawiska w układach poruszających się z dowolną prędkością mniejszą niż prędkość światła*²³. W pracy tej podał inne niż Abraham wzory na „podłużną” i „poprzeczną” masę elektronu (pojęcia wprowadzone przez Abrahama), którego ruch

²¹ W. Kaufmann, *Die magnetische und elektrische Ablenkbarkeit der Becquerel-strahlen und die scheinbare Masse der Elektronen*, Gottinger Nachr. (1901), 143-155.

²² M. Abraham, *Prinzipien der Dynamik Elektrons*, Annalen der Physik 10(1903), 105.

²³ H. A. Lorentz, *Electromagnetic Phenomena in a System Moving with any Velocity Less than that of Light*, Academy of Sciences of Amsterdam 6(1904), 809.

był traktowany jako quasi-stacjonarny. Dzięki transformacjom prędkości, które zostały przekształcone w niewłaściwy sposób, Lorentz otrzymał znany powszechnie wzór na „poprzeczną” masę elektronu zależną od jego prędkości. Potwierdza to historyk fizyki Miller, który w roku 1981 pisze o tym tak: „(...) transformacje prędkości zostały wyprowadzone niepoprawnie. Źródłem problemu, jak to wykazał Poincaré w 1906 roku, była dwustopniowa procedura, czyli najpierw przejście od układu S do S_r , a potem do Σ' ”²⁴.

8. TEORIA EINSTEINA Z 1905 ROKU

W roku 1905 Einstein opublikował swoją teorię dotyczącą wyjaśnienia niektórych zjawisk świetlnych obserwowanych z różnych układów odniesienia i wyjaśnienia odkrytego przez Kaufmanna efektu zależności masy elektronu od jego prędkości. W pracy Einsteina zatytułowanej *O elektrodynamice ciał w ruchu* zawierają się jednak wszystkie najważniejsze idee Poincaré’go i Lorentza: zasada względności razem z ideą stałości prędkości światła w próżni, idea synchronizacji poruszających się zegarów, idea braku jednoczesności zdarzeń w różnych układach odniesienia, idea eteru, idea skrócenia długości i idea czasu lokalnego – wszystkie są wpisane w transformacje Lorentza. Choć Einstein, tak jak i Poincaré, eter odrzucił, to jednak w zamian wprowadził zasadę stałości i niezależności prędkości światła od stanu ruchu jego źródła oraz od stanu ruchu obserwatora, która to zasada *de facto* zastępuje ideę eteru. Einstein różnił się z Lorentzem stosunkiem do eteru i innym rozumieniem pojęcia czasu lokalnego. W 1907 roku Lorentz pisał: „Główna przyczyna mojego niepowodzenia polegała na tym, że zawsze trzymałem się myśli, że tylko zmienną t można uważać za czas rzeczywisty i że mój czas lokalny t' należy rozpatrywać za ledwie jako pomocniczą wielkość matematyczną. W teorii Einsteina, przeciwnie, t' odgrywa taką samą rolę, jak t ”²⁵. Jeszcze do tej pory nie wyjaśniono jednoznacznie, czy lokalny czas Einsteina jest czasem fizycznym. Przewidywania dotyczące dylatacji czasu, jak dotąd, nie zostały potwierdzone przez wiarygodny eksperyment. Einstein sam zauważył, że: „W ogólnej teorii względności przestrzeń i czas nie mogą być tak określone, aby różnice współrzędnych przestrzennych

²⁴ A. Miller, dz. cyt., 72.

²⁵ Г. А. Лоренц, *Теория электронов*, Москва 1956, 438.

mogły być bezpośrednio zmierzone przez pręt pomiarowy o jednostkowej długości lub różnicy współrzędnych czasu przez standardowy zegar. (...) wymaganie ogólnej współzależności odbiera przeszerzeni i czasowi resztkę fizycznej obiektywności”²⁶.

Na szczególną uwagę zasługuje rozumowanie przedstawione w dziesiątym paragrafie jego pracy, zatytułowanym: *Dynamika powoli przyśpieszanego elektronu*, o którym Laue w swojej historii fizyki w roku 1946 napisał: „Teoria względności Alberta Einsteina, która powstała w roku 1905, niewiele zmieniła w dynamice punktu materialnego; w roku 1906 wykazał to Planck (podstawowa praca Einsteina jest w tej kwestii błędna)”²⁷. Rzeczywiście w swojej pracy Einstein nie otrzymuje poprawnego wzoru na masę elektronu. Otrzymuje natomiast wzory na „masę podłużną” i „masę poprzeczną” w formach, które nigdy nie doczekały się fizycznej interpretacji. W rozumowaniu tym Einstein mija się z prawdą i popełnia trzy poważne błędy.

Po pierwsze, zakłada powolne przyśpieszanie elektronów i pomiary promieniowania elektronów w procesie ich przyspieszania, podczas gdy w rzeczywistym procesie przyspieszane elektrony emitują takie promieniowanie.

Po drugie, w roku 1906 Planck poprawił Einsteina i napisał: „Einstein z jednej strony zagubił się w wyprowadzaniu zależności masy od prędkości, z drugiej strony zrobił błąd w definiowaniu siły. W układzie, w którym masa była zmienna, siła powinna być zdefiniowana jako szybkość zmian pędu, a nie jako masa \times przyśpieszenie”²⁸.

Po trzecie, zakłada, że opisywany elektron porusza się w obu inercjalnych układach odniesienia ruchem przyśpieszonym, ale jednocześnie przez chwilę spoczywa w jednym z nich. Błąd ten ma konsekwencje formalne. Zauważył go już 1906 w roku Poincaré. Jest to sprzeczne z wcześniejszymi założeniami.

Po odrzuceniu koncepcji eteru zjawisko Dopplera dla światła opisał ponownie Einstein²⁹. Okazuje się, że nawet model Einsteina zjawiska Dopplera wyprowadzony przy zastosowaniu transformacji Lorentza ma dwie istotne wady, które stawiają jego teorię pod zna-

²⁶ W. Kantor, *Is Time Dilation Physically Observable?*, Physics Essays (1974), 105.

²⁷ M. Laue, *Historia fizyki*, tłum. z niem. A. Teske, PWN, Warszawa 1957, 46.

²⁸ A. Miller, dz. cyt., 329.

²⁹ A. Einstein, *Zur Elektrodynamik Bewegter Körper*, art. cyt., 891-921.

kiem zapytania. Bowiern model Einsteina przewiduje efekt poprzeczny zjawiska Dopplera, który – jak dotąd – nie został eksperymentalnie zaobserwowany. Ponadto model ten zawiera fatalną niejednoznaczność związaną z zależnością obserwowanych częstotliwości (lub przesuniętych linii) od kąta widzenia α , czyli od kąta zawartego pomiędzy kierunkiem prędkości źródła a linią łączącą źródło i obserwatora. Wada ta nie pozwala jednoznacznie określić prędkości źródła światła, od którego pochodzi obserwowana fala świetlna. Obie te wady nie mają podłoża fizycznego, a jedynie wynikają ze struktury wzoru Einsteina opisującego zjawisko Dopplera.

Nic dziwnego, że o szczególnej teorii względności mnożą się krytyczne opinie. Władysław Tatarkiewicz w swojej *Historii filozofii* z 1931 roku tak się wyraził: „W swojej «szczególnej» teorii względności, ogłoszonej w 1905 roku, Einstein dał nową postać pojęciu czasu. Zdrowemu rozsądkowi teoria ta wydawała się niedorzeczna i buntował się przeciw niej. Mimo to dość szybko znalazła powszechne uznanie wśród uczonych. Filozofowie natomiast, jeśli ją przyjęli, to na ogół z zastrzeżeniem, że ta nowa teoria czasu jest tylko hipotezą i że może inna, wygodniejsza hipoteza wytłumaczy fakty i zinterpretuje wzory matematyczne w sposób równie, albo bardziej zadawalający”³⁰.

W roku 1950 ks. Jan Dorda z Krakowa, fizyk i filozof, pisząc o szczególnej teorii względności, wyraził opinie: „Specjalna teoria względności nie jest odkryciem fizycznym, lecz schematem matematycznym; STW pozostawia negatywny wynik doświadczenia Michelsona-Morleya zagadnieniem otwartym; Zmienność masy nie wynika z postulatu Einsteina o nieziennej prędkości światła, lecz jest dodatkowym postulatem”³¹.

„Przy ocenie znaczenia Einsteina nasuwa się porównanie z Newtonem. Teorie Newtona są łatwe do zrozumienia, natomiast teorie względności Einsteina są bardzo trudne do zrozumienia, nawet gdy ktoś korzysta ze szczegółowych objaśnień (...). Teorie Newtona nigdy nie wydawały się wewnątrznie sprzeczne. Inaczej jest w przypadku teorii względności, które obfitują w paradoksy”³².

³⁰ W. Tatarkiewicz, *Historia filozofii*, t. 3, PWN, Warszawa 1990, 273.

³¹ J. Dorda, *Krytyka tłumaczenia efektów ruchowych za pomocą specjalnej teorii względności*, Rocznik Filozoficznego Towarzystwa Jezusowego w Krakowie, Kraków 1989, 69.

³² M. Hart, *Ranking 100 postaci, które miały największy wpływ na dzieje ludzkości*, tłum. z ang. P. Amsterdamski, Wydawnictwo Puls, Warszawa 1994.

Laue, który w roku 1911 pierwszy zaangażował się w popularyzację teorii Einsteina, ale już w roku 1946 tak pisał o teorii Minkowskiego: „W roku 1908 Minkowski stworzył «elegancką» matematyczną postać teorii względności. Na krótko przed swoją śmiercią Minkowski wprowadził czas jako czwartą współrzędną na równi z trzema współrzędnymi przestrzennymi – wprowadził czasoprzestrzeń. Jest to jednak tylko pomysłowa i bardzo pożyteczna konstrukcja matematyczna, chwyt matematyczny, któremu nie przysługuje głębszy sens, mimo tego rodzaju prób interpretacyjnych”³³. Gdyby teoria Minkowskiego była poprawna, to autorem szczególnej teorii względności powinien być Minkowski.

Natomiast Bazański w *Postęпах fizyki* z roku 1987 w tytule swojego artykułu stawia znamienne pytanie: „Czy teoria względności wymaga naprawy?” i sam na nie odpowiada: „Chociaż zdaje się nie podlegać dyskusji, że odpowiedź na pytanie postawione w tytule winna być pozytywna, to moim zdaniem jest rzeczą wielce wątpliwą, czy w chwili obecnej dysponujemy już wszystkimi danymi, aby móc myśleć o nowej teorii, która byłaby zdolna zastąpić teorię względności wraz z jej implikacjami dla reszty fizyki”³⁴.

W świetle tych opinii może warto zastanowić się, czy tytułowe pytanie artykułu Bazańskiego nie wydaje się pozbawione sensu. Jeśli tak, to nasuwa się następne pytanie: gdzie w konstruowaniu szczególnej teorii zrobiono błąd? Błąd, który sto lat temu nie musiał być zauważony, choćby ze względu na kurczowe trzymanie się idei eteru, czy niedostateczne rozwinięcie idei kwantów. Teraz jesteśmy o sto lat starsi, o sto lat rozwoju nauki mądrzejsi. Powinniśmy lepiej sobie poradzić z problemem, którego w tamtej epoce nie można było jeszcze dobrze rozwiązać. Powinniśmy znaleźć ten słaby punkt szczególnej teorii względności i rozpocząć budowę nowej teorii, teorii która będzie w stanie z powodzeniem zastąpić tę z wadami.

9. A MOŻE WZGLĘDNY CHARAKTER PRĘDKOŚCI ŚWIATŁA

Jak wiadomo, u podstaw szczególnej teorii względności leży założenie o absolutnej prędkości światła, czyli niezależności prę-

³³ M. Laue, dz. cyt., 49.

³⁴ S. Bazański, *Czy teoria względności wymaga naprawy?*, Postępy fizyki 38, PWN, Warszawa 1987, 35.

kości światła od stanu ruchu jego źródła. Jak się dobrze zastanowić, to po odrzuceniu idei eteru zasada ta nie ma fizycznej podstawy. Doświadczenie Michelsona miało dowodzić tezy o ruchu Ziemi względem eteru. Wynik był negatywny, a wniosek Michelsona jednoznaczny: eteru nie ma. Z negatywnego wyniku doświadczenia Michelsona jeszcze nie wynikał wniosek o absolutnym charakterze prędkości światła. Dopiero kolejna hipoteza skrócenia jednego z ramion interferometru pozornie ratowała ideę eteru i pozornie stwarzała podstawę do przyjęcia zasady absolutnej prędkości światła.

Eksperyment Michelsona-Morleya nie tylko nie potwierdził hipotezy o wietrze eteru, ale potwierdza wręcz coś innego. Zerowy wynik doświadczenia Michelsona-Morleya najprościej tłumaczy klasyczna zasada dodawania prędkości Galileusza: $c' = c + v$. W rezultacie eksperymentu Michelsona-Morleya prędkość światła zachowuje charakter prędkości względnej, taki sam charakter, jaki mają prędkości innych poruszających się obiektów fizycznych. Poza eksperymentem Michelsona-Morleya tezę o względnym charakterze prędkości światła potwierdzają również zjawiska zaobserwowane przez Bradleya, Arago i, jak się okazuje, zjawisko zaobserwowane przez Dopplera³⁵.

Powyższe wnioski usprawiedliwiają potrzebę wnikliwej analizy rozumowań Einsteina prowadzących do sformułowania szczególnej teorii względności. Temat ten podejmiemy w odrębnym artykule.

2005 – WORLD YEAR OF PHYSICS – EINSTEIN'S YEAR

Summary

Albert Einstein's jubilee is a good opportunity to assess his research in the historical perspective. As it is commonly known, the strongest controversy, not only among philosophers, was caused by his work well known as the special theory of relativity. The hundredth anniversary of publishing this theory is the best opportunity to consider what we can leave and what we have to give up in this theory. The author tries to make such an assessment.

³⁵ K. Turzyński, *The Doppler Effect for Waves of Light*, Proceedings, Barcelona 2000.